

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

Д. В. Шаульський

ТОПОГРАФІЯ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

*(для студентів 2 курсу заочної форми навчання напрямку підготовки
6.080101 – Геодезія, картографія та землеустрій)*

**Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2015**

Шаульський Д. В. Конспект лекцій з дисципліни «ТОПОГРАФІЯ» (для студентів 2 курсу заочної форми навчання, напряму підготовки 6.080101 – Геодезія, картографія та землеустрій) / Д. В. Шаульський; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 65 с.

Автор: Д. В. Шаульський

Рецензент: **І. С. Глушенкова**, кандидат технічних наук, доцент Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова.

Затверджено на засіданні кафедри геоінформаційних систем, оцінки землі та нерухомого майна, протокол № 15 від 02.04.2015 р.

© ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2015

© Д. В. Шаульський, 2015

ЗМІСТ

1 ГЕОДЕЗИЧНІ ВИМІРЮВАННЯ.....	4
1.1 Об'єкт, предмет і методи пізнання геодезії.....	4
1.2 Системи координат і висот в геодезії.....	8
1.3 Графічні моделі земної поверхні: топографічні карти, плани, профілі. Розграфлення і номенклатура карт.....	15
1.4 Кутові вимірювання.....	23
1.5 Методи вимірювання перевищень. Геометричне нівелювання.....	28
1.6 Лінійні вимірювання. Засоби і методи лінійних вимірювань.....	35
2 ТОПОГРАФІЧНІ ЗНІМАННЯ.....	38
2.1 Теодолітні ходи.....	38
2.2 Нівелірні ходи	43
2.3 Розв'язання геодезичних засічок.....	48
2.4 Топографічне знімання.....	55
2.5 Побудова топографічних планів.....	59
СПИСОК ДЖЕРЕЛ.....	64

1 ГЕОДЕЗИЧНІ ВИМІРЮВАННЯ

1.1 Об'єкт, предмет і методи пізнання геодезії

1.1.1 Об'єкт, предмет і завдання геодезії

Геодезія – наука, яка вивчає фігуру та гравітаційне поле Землі, а також методи і засоби геометричних вимірювань земної поверхні з метою зображення її на планах і картах для вирішення завдань народного господарства і оборони країни.

Об'єктом дослідження геодезії є навколишній простір, а *предметом* – геометрична структура цього простору.

Завдання геодезії поділяють на наукові та практичні.

До наукових завдань відносять:

- визначення форми і розмірів Землі та її зовнішнього гравітаційного поля;
- дослідження горизонтальних та вертикальних деформацій земної кори;
- дослідження переміщень берегової смуги морів і океанів;
- спостереження переміщень земних полюсів.

Практичні задачі геодезії надзвичайно різноманітні. До їх числа відносять:

- визначення положення окремих точок земної поверхні в обраній системі координат;
- складання карт і планів місцевості;
- виконання вимірювань, необхідних для вишукування, проектування, будівництва і експлуатації будівель і споруд.

Всі завдання геодезії вирішуються за допомогою спеціальних вимірювань, які називають – геодезичними.

В процесі свого розвитку геодезія розділилась на ряд окремих науково-технічних дисциплін.

Вища геодезія, яка вивчає фігуру та гравітаційне поле Землі, а також займається визначенням координат окремих точок земної поверхні в єдиній системі.

Фотограметрія розглядає методи отримання топографічних планів за допомогою космічних і аерофотознімків.

Картографія розглядає методи складання, видавництва і шляхи використання різноманітних карт і планів.

Супутникова геодезія розглядає методи вирішення геодезичних задач за допомогою штучних супутників Землі.

Інженерна геодезія розглядає методи геодезичних робіт, які виконують під час вишукувань, проектування, будівництва і експлуатації інженерних споруд.

Топографія розглядає способи вивчення в деталях земної поверхні й відображення її на картах і планах. До числа основних наукових і практичних завдань топографії варто віднести розробку й удосконалення методів створення топографічних карт, способів зображення на них земної поверхні, способів і правил використання карт.

Практично кожна з перелічених дисциплін має власний предмет вивчення, свої особливі дослідницькі завдання і методи їх досягнення.

1.1.2 Короткі відомості з історії розвитку геодезії

Початковий період. Геодезія зародилась в глибокій давнині. Вона виникла із людської потреби виконувати ті чи інші вимірювання на землі. Слово «*геодезія*» перекладається з давньогрецької мови як «*поділ землі*».

Розширення економічних зв'язків між країнами, розвиток морських і сухопутних подорожей призвели до створення географічних карт, вивчення форми і розмірів Землі.

В усі часи історії людства задача з визначення фігури Землі являла собою складну науково-технічну проблему, привертала увагу провідних вчених людства, її вирішення вимагало використання передових технологій. Думку про подібність фігури Землі до кулі висловив давньогрецький філософ *Піфагор Самоський* (580 – 500 р. до н. е.). В його вченні стверджувалось, що Земля має форму подібну до кулі, та обертається навколо своєї осі, викликаючи видимий добовий рух зірок, і обертається навколо Сонця протягом року. В сутності була висунута ідея геліоцентричної системи Світу, Яка була науково обґрунтована Коперником через дві тисячі років.

Проблемою визначення форми і розмірів Землі займалися такі давньогрецькі філософи і вчені, як Аристотель, Архімед, Ератосфен та інші. В цей період був створений перший в світі глобус (150 р. до н. е.), з'явилися поняття географічних координат (широта і довгота).

Другий період (XV-XVII ст.) Початок другого періоду розвитку геодезії відноситься до епохи видатних наукових і географічних відкриттів. В цей період свої відкриття здійснили: Колумб (1451 – 1506 рр.), Васко Да Гама (1460 – 1524 рр.), Магелан (1480 – 1521 рр.), Кук (1728 – 1779 рр.), Беринг (1681 – 1741 рр.).

В геодезії в цей час відбувається ряд дивовижних відкриттів. Так у 1609 р. Галілеєм була винайдена зорова труба. Французький астроном Пікар (1620 – 1682 рр.) вперше застосував метод тріангуляції при вимірюванні дуги меридіану від Парижа до Ам'єна. Довжина одного градуса меридіана виявилась рівною 111.21 км, що всього на 0.03 км більше прийнятої в теперішній час. Пікар вперше використав прилади з сіткою ниток. Саме Пікар вперше висловив ідею про те, що Земля не є подібною до кулі, а трохи стиснена в напрямку полюсів.

В 1687 р. вийшла монументальна праця Ньютона – «Математичні основи натуральної філософії», в якій на підставі відкритого ним закону всесвітнього тяжіння доводиться наявність полярного стиснення Землі. Ньютон не тільки встановив стиснення фігури Землі вздовж осі обертання, але і теоретично визначив його величину.

Третій період (XVIII – перша половина XX ст.) Третій період розвитку геодезії характеризується тим, що головною науковою задачею геодезії стає визначення розмірів земного еліпсоїду.

В цей час вчені-геодезисти прийшли до висновку, що згладжена до рівня Світового океану фігура Землі не є простою геометричною фігурою, тобто виникло поняття *геоїд*.

XVIII ст. є визначним для геодезії Росії. В цьому столітті не тільки почали виконувати в широких масштабах різноманітні геодезичні роботи, але й сформувалася геодезична освіта і елементи її методології, з'явилися перші фундаментальні підручники з геодезії і геодезична термінологія, геодезія остаточно сформувалась в Росії як наука.

В 1715 р. розпочаті перші інструментальні знімання території Російської Імперії. В 1725 р. споряджена перша експедиція Вітуса Беринга для дослідження сходу країни. Слід відзначити велику працю М. В. Ломоносова, особливо з того часу, як він став керувати Географічним Департаментом Академії наук. З 1757 р. по 1765 р. Ломоносов запровадив російськомовне написання назв на картах. Він є автором ідеї картографічної генералізації і систематичного оновлення географічних карт (через 20 років).

До початку XIX ст. були накопичені значні матеріали геодезичних і астрономічних спостережень, у зв'язку з цим виникла проблема обробки результатів вимірювань. Метод вирішення цієї проблеми був запропонований незалежно німецьким математиком, астрономом і геодезистом Карлом Фрідріхом Гаусом і видатним французьким математиком Андрієн-Марі Лежандром. Цей метод, названий методом найменших квадратів, знаходить

широке застосування при опрацюванні геодезичних мереж. В Росії метод найменших квадратів в геодезії і астрономії на практиці застосували відомі астрономи і геодезисти Струве, Цингер, Гедеонов та інші.

Сучасний період (друга половина XX ст. – теперішній час). Початок сучасного періоду розвитку геодезії співпадає із запуском перших штучних супутників Землі, поява яких відкрила нові можливості для вирішення наукових і практичних задач геодезії. Яскравим прикладом тут є поява систем глобального позиціонування GPS. В цей же час з'явилися електронні обчислювальні машини, електронні вимірювальні прилади і геоінформаційні системи.

Даний період ознаменувався основоположними працями видатного радянського вченого-геодезиста Молоденського (1909 – 1991 рр.), який довів неможливість точного визначення фігури геоїда тільки за вимірюваннями на земній поверхні, і розробив теорію і методи визначення фігури фізичної поверхні Землі.

1.1.3 Перспективи розвитку геодезії

Сучасний рівень розвитку цивілізації визначає нові завдання і роль геодезії. Це зумовлено перш за все значними змінами у розвитку технічних засобів, програмного забезпечення та комп'ютерної техніки, а також потребами суспільства у просторовій інформації. Для задоволення цих потреб важливу роль відіграють завдання геодезичного інформаційного забезпечення:

- сучасний аналіз просторової інформації усіма галузями для даної території шляхом інтеграції різноманітної тематичної інформації на єдиній просторовій основі;
- визначення змін просторового положення об'єктів, обумовлених техногенними і природними факторами, шляхом накопичення і підтримки банку даних просторової інформації про попередній стан території та його зміни;
- оцінка та прогнозування майбутнього стану територій у просторовому відношенні під впливом людської діяльності шляхом моделювання просторової складової, обробки великих об'ємів просторової інформації різної тематики за допомогою потужних комп'ютерів.

Очевидним є те, що на сучасному етапі розвитку суспільства у геодезичному інформаційному забезпеченні центр тяжіння зміщуються зі збирання інформації про територію до її обробки, інтерпретації, аналізу і представлення.

1.2 Системи координат і висот в геодезії

1.2.1 Поняття про форму і розміри Землі

Загалом, земну поверхню можна уявити як фігуру, утворену поверхнею морів і океанів, яка продовжена під материками (рис. 1.1). Таку поверхню називають *основною рівневою поверхнею*. Рівнева поверхня перпендикулярна в кожній точці напрямку сили тяжіння (прямовисній лінії). Тіло, яке утворює основна рівнева поверхня, називають *геоїдом*.

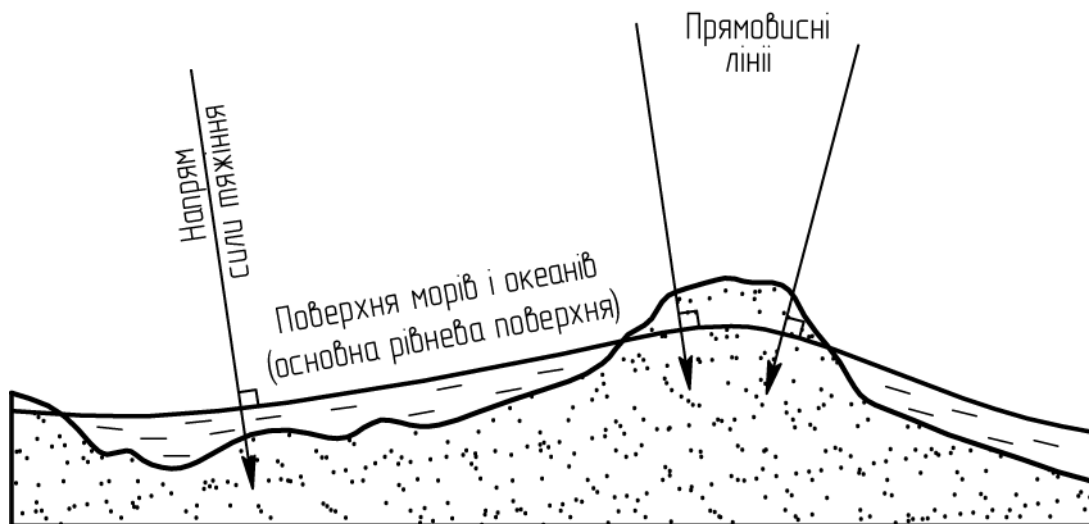


Рисунок 1.1 – Геоїд

Геоїд не є правильним геометричним тілом, і не виражається кінцевим математичним рівнянням. Тому для геодезичних обчислень беруть правильну математичну поверхню тіла, найбільш близького до геоїда – *еліпсоїд обертання*. Розміри і форма земного еліпсоїда характеризуються наступними параметрами:

- велика напіввісь (екваторіальний радіус), a ;
- мала напіввісь (полярний радіус), b ;

Розміри земного еліпсоїда визначали за результатами геодезичних вимірювань неодноразово. Наприклад, розміри загальноземного еліпсоїда *WGS-84* (World Geodetic System 1984), який застосовуються в системі супутникової навігації GPS, характеризується параметрами: $a = 6\,378\,137$ м, $b = 6\,356\,753$ м.

1.2.2 Системи координат в геодезії

Координати – фізичні величини, які визначають положення точки на площині або у просторі відносно вихідних ліній та поверхонь.

В геодезії широко застосовують наступні системи координат:

- географічна;
- система плоских прямокутних координат;
- система полярних координат.

З визначенням *географічної системи координат* пов'язані поняття географічного меридіана і паралелі.

Меридіан – слід від перетинання земної поверхні з площиною, яка проходить крізь вісь обертання Землі.

Паралель – слід від перетинання земної поверхні з площиною, перпендикулярною осі обертання Землі.

Положення точки на поверхні еліпсоїда в географічній системі координат визначається широтою і довготою.

Геодезичною широтою (B) точки M називають кут між площиною екватора і прямовисною лінією, яка проходить крізь дану точку (рис. 1.2).

Широта відлічується в обидва боки від екватора і набуває значення від 0° до 90° . Широта може бути північна і південна.

Геодезичною довготою (L) точки N називають двогранний кут між площиною меридіана, який проходить крізь дану точку, й площиною початкового меридіана (рис. 1.2).

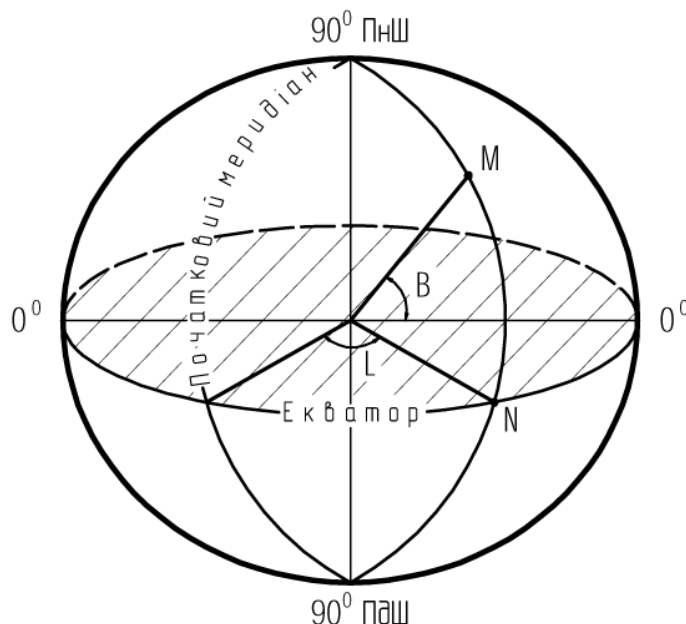


Рисунок 1.2 – Графічне зображення географічної широти і довготи

За початковий (нульовий) меридіан прийнятий меридіан, що проходить крізь місто Гринвіч (Англія). Довгота відлічується від 0° до 180° на схід і на захід від Гринвіча.

Застосування географічної системи координат при геодезичних обчисленнях створює значні труднощі. Тому в геодезії застосовують спеціальні проекції, які дають змогу перенести точки поверхні Землі на площину за математичними законами. Тоді визначення положення точок стає можливим в найбільш простій *системі плоских прямокутних координат X, Y* .

В Україні прийнята рівнокутна проекція еліпсоїда на площині й відповідна їй система координат Гауса-Крюгера. Суть цієї системи полягає в наступному.

1. Земний еліпсоїд розбивається меридіанами на зони (протяжністю 3° або 6° за довготою). Нумерація зон ведеться від Гринвічського меридіана на схід (рис. 1.3, *а*).

2. Земний еліпсоїд умовно розміщують в поперечному циліндрі (рис. 1.3, *б*).

3. Кожна зона окремо проектується на площину таким чином, щоб середній (осьовий) меридіан кожної зони був зображений прямою лінією без спотворень (рис. 1.3, *в*).

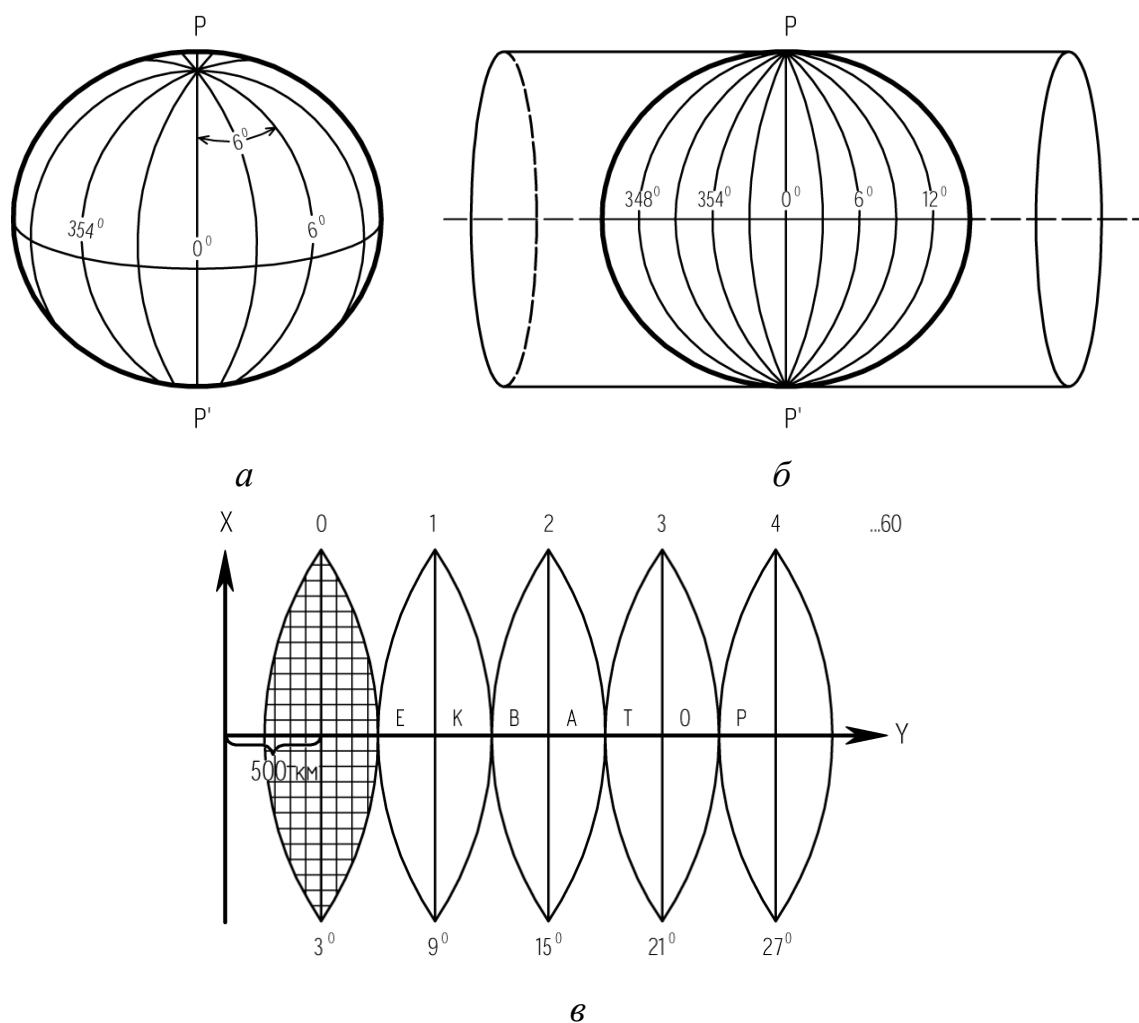


Рисунок 1.3 – Зональна система плоских прямокутних координат Гауса-Крюгера

За початок відліку координат в кожній зоні приймають перетин осьового меридіана – осі абсцис і екватора – осі ординат. Лінії, які паралельні зображенню осьових меридіанів і екватору, утворюють прямокутну координатну сітку.

Система координат в кожній зоні однакова. Для визначення зони, до якої належить точка з даними координатами, до ординати зліва дописують номер зони. Щоб не мати від’ємних ординат, точкам осьового меридіана умовно приписують ординату 500 км. Тоді всі точки на схід і захід від осьового меридіана будуть мати додатні ординати. Наприклад, якщо дана ордината $y = 7\,300\,000$, то точка знаходиться в сьомій зоні і має ординату від осьового меридіана, що дорівнює $300\,000 - 500\,000 = -200\,000$ м.

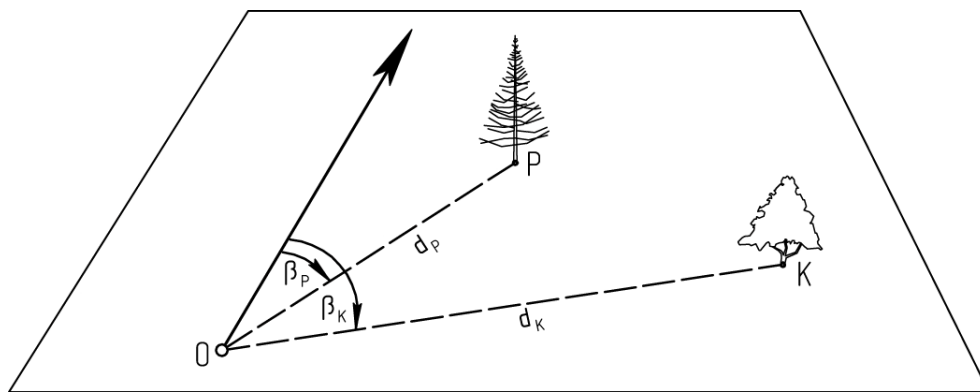


Рисунок 1.4 – Система полярних координат

Для опису положення точки P на площині можна застосовувати полярні координати d і β (рис. 1.4). Де β – полярний кут між вихідним напрямком і напрямком на точку P , а d – відстань від початку координат до точки P . В геодезії *полярну систему координат* використовують при виконанні тахеометричного і теодолітного знімання.

1.2.3 Система висот в геодезії

Для опису просторового положення точок земної поверхні необхідна третя координата. В геодезії такою координатою є висота точки H . *Висотою точки* називають відстань від рівневої поверхні до даної точки вздовж прямовисної лінії (рис. 1.5). Кількісне значення висоти називають *відміткою*.

За початкову відлікову поверхню для визначення висот в геодезії приймають основну рівневу поверхню (геоїд), яку також називають рівнем моря. Висоти, які відраховують від основної рівневої поверхні, називають *абсолютними*. В межах будь-якого району або об’єкту будівництва за вихідну для відліку висот можна вибрати будь-яку іншу постійну точку, наприклад,

рівень підлоги першого поверху житлового будинку. Такі висоти називають *умовними або відносними*.

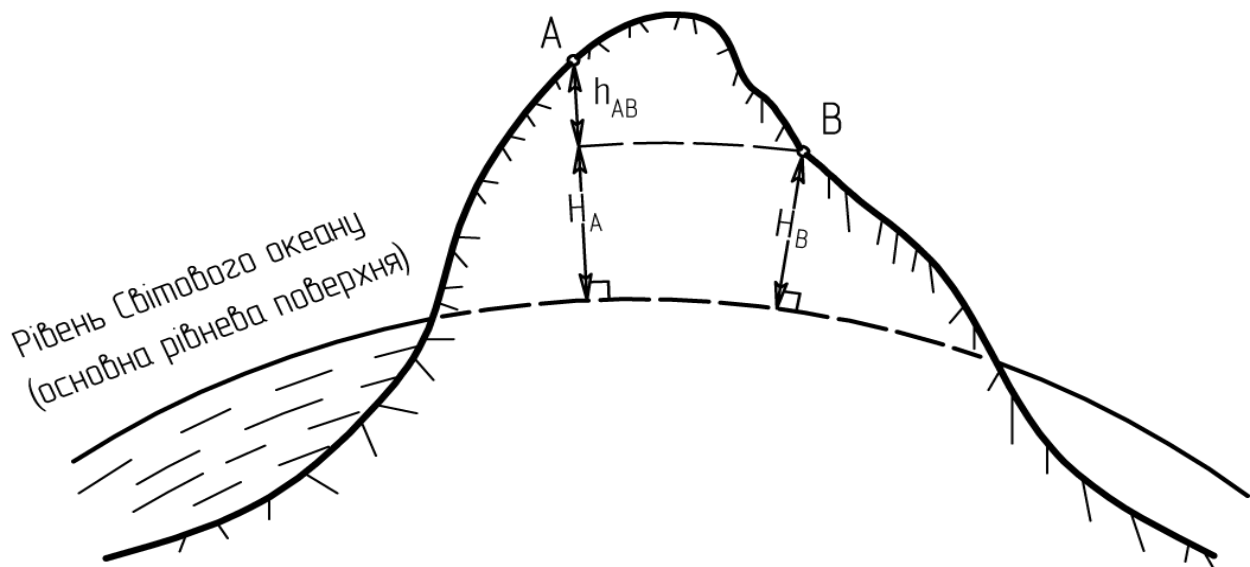


Рисунок 1.5 – Висота точки. Перевищення

Різницю висот двох точок називають *перевищенням* (h) і вираховують за формулою

$$h_{AB} = H_B - H_A, \quad (1.1)$$

$$h_{BA} = H_A - H_B,$$

де H_A, H_B – висоти точок A і B відповідно.

В Україні прийнята Балтійська система висот – відлік ведуть від рівня Балтійського моря.

1.2.4 Орієнтування ліній.

Орієнтувати лінію місцевості – означає знайти її положення відносно іншого напрямку, прийнятого за початковий.

За початкові в геодезії приймають наступні напрямки:

- північний напрямок істинного меридіану;
- північний напрямок осьового меридіану;
- північний напрямок магнітного меридіану.

В якості кутів орієнтування слугують азимут, дирекційні кути і румби.

Азимут напрямку називають горизонтальний кут, який відрховують від північного напрямку істинного або магнітного меридіана за годинниковою стрілкою до заданого напрямку. Азимут може набувати значення від 0° до 360° . Істинні азимут визначають за положенням зірок, магнітні – за допомогою компасу або бусолі.

При розв'язанні інженерно-геодезичних задач для орієнтування ліній місцевості найчастіше користуються не азимутами, а *дирекційними кутами*, α (рис 1.6). **Дирекційним кутом** лінії називають горизонтальний кут, який відраховують за годинниковою стрілкою від північного напрямку осьового меридіана або лінії, що паралельна йому, до заданого напрямку.

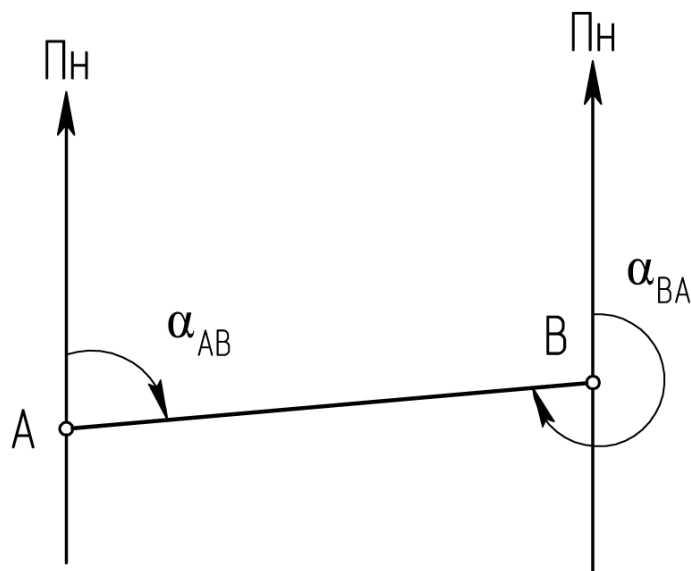


Рисунок 1.6 – Дирекційний кут лінії

Дирекційні кути вимірюються від 0° до 360° . Дирекційні кути напрямів AB і BA називають відповідно *прямим* і *оберненим*. Вони відрізняються один від одного на 180° , тобто $\alpha_{AB} = \alpha_{BA} \pm 180^\circ$.

Для вимірювання дирекційного кута лінії на топографічному плані через її початкову точку проводять пряму, паралельну до осі абсцис. Вимірюють дирекційний кут геодезичним транспортиром за годинниковою стрілкою від північного напрямку осі абсцис до напрямку заданої лінії. При цьому центральну позначку транспортира суміщають з початковою точкою лінії (рис. 1.7).

Якщо дирекційний кут перевищує 180° , то його визначають за червоною шкалою транспортира.

Точність вимірювання дирекційних кутів геодезичним транспортиром складає $15'$. Різниця між дирекційними кутами прямого і зворотного напрямків повинна складати 180° .

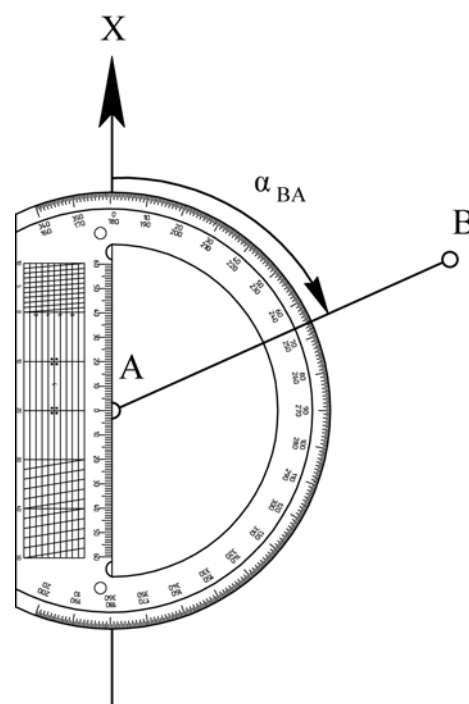


Рисунок 1.7 – Вимірювання дирекційного кута

Іноді від азимутів і дирекційних кутів переходять до *румбів*, r (рис. 1.8).

Румб – гострий кут, який відраховують від найближчого напрямку меридіану до заданого напрямку.

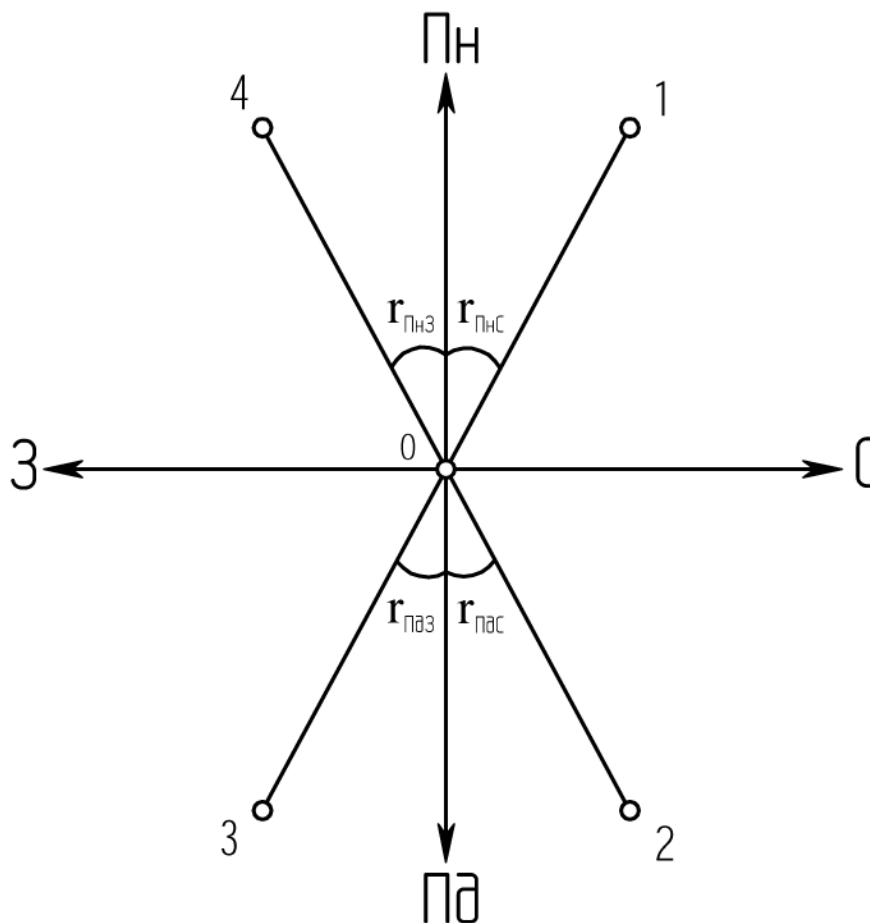


Рисунок 1.8 – Румби

Румби набувають значення в межах $0^\circ - 90^\circ$ і мають літерне позначення, яке вказує на чверть, в якій знаходиться румб. Тобто правильний запис румба має такий вигляд, наприклад, $ПНС:45^\circ 30'$.

Між дирекційними кутами і румбами існує зв'язок, який дозволяє, знаючи дирекційний кут, обчислювати румб і навпаки.

$$I \text{ чверть (ПНС): } r = \alpha; \alpha = r$$

$$II \text{ чверть (ПДС): } r = 180^\circ - \alpha; \alpha = 180^\circ - r \quad (1.2)$$

$$III \text{ чверть (ПДЗ): } r = \alpha - 180^\circ; \alpha = r + 180^\circ$$

$$IV \text{ чверть (ПНЗ): } r = 360^\circ - \alpha; \alpha = 360^\circ - r$$

Формулами (1.2) користуються при розв'язанні прямої і оберненої геодезичних задач.

1.3 Графічні моделі земної поверхні: топографічні карти, плани, профілі. Розграфлення і номенклатура карт

1.3.1 Поняття про топографічний план, карту, профіль земної поверхні

Якщо необхідно зобразити невелику ділянку місцевості (в межах площі круга діаметром до 20 км), то відповідну їй частину рівневої поверхні можна прийняти за горизонтальну площину. В такому випадку точки земної поверхні A, B, C проєктують на уявну горизонтальну площину перпендикулярами Aa, Bb, Cc (рис. 1.9, а).

Зображення просторового об'єкта опусканням перпендикулярів із характерних його точок на площину називають *ортогональною проєкцією*. Ортогональна проєкція є основою планів і карт.

Топографічним планом називають зменшене і подібне зображення на площині ортогональних проєкцій контурів і форм рельєфу невеликої ділянки місцевості.

На топографічних планах предмети і контури місцевості зображують умовними знаками, рельєф – горизонталями. На плані можна вирішувати різноманітні задачі, такі як вимірювання довжин ліній, визначення прямокутних координат точок, визначення висот точок, перевищень, крутості схилів, вимірювання дирекційних кутів, побудова профілю місцевості за горизонталями.

Плани, на яких не зображений рельєф, називають *контурними* або *ситуаційними*. Вони мають обмежене застосування.

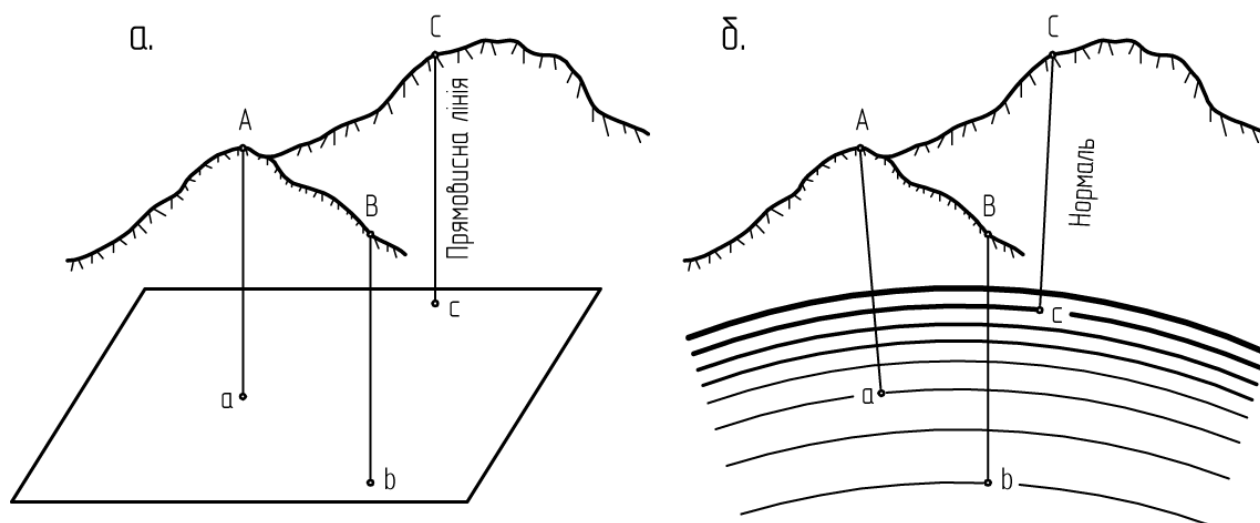


Рисунок 1.9 – Побудова зображення методом ортогональної проєкції:

а – план; б – карта

В тих випадках, коли на площині зображують значну територію, неможливо не зважати на кривизну Землі; її слід враховувати. На значних за розмірами територіях проектування контурів прямовисними лініями виконують вже не на площину, а на сферичну поверхню (рис. 1.6, б). При цьому прямовисні лінії слід вважати не паралельними між собою, а такими, що перетинаються в центрі сфери.

При зображенні великих ділянок земної поверхні, через певні інтервали у вибраній проекції будують зображення ліній меридіанів і паралелей, які перетинаються, і таким чином утворюють картографічну сітку. Всередині картографічної сітки розміщують контури місцевості. Така побудова називається картою.

Іншими словами, *карта* – це зменшене, узагальнене і побудоване за певними математичними законами зображення значних ділянок земної поверхні на площині.

Окрім розміщення в плані, будівлі та споруди необхідно розмістити за висотою. З цією метою складають поздовжні й поперечні профілі місцевості.

Профілем місцевості називають зменшене зображення вертикального перетину місцевості вздовж заданого напрямку. Профілі найчастіше використовують при будівництві лінійних споруд: залізниць, автомагістралей, тунелів, підземних і наземних трубопроводів.

1.3.2 Масштаби карт і планів

Масштаб – це відношення довжини відрізка на плані або карті до відповідної горизонтальної відстані на місцевості.

Розрізняють такі види масштабів.

1. *Числовий*. Виражають дробом, чисельник якої – одиниця, а знаменник показує в скільки разів горизонтальні проекції ліній зменшені на плані. Наприклад, 1:500, 1:2 000, 1:10 000.

2. *Пояснювальний*. Підписується під чисельним масштабом для зручності роботи з планом. Наприклад, «В 1 сантиметрі 20 метрів» для масштабу 1:2 000.

3. *Графічний*. Поділяється на лінійний і поперечний.

Для побудови *лінійного масштабу* на прямій відкладають декілька разів який-небудь відрізок, наприклад, 2 см, який називають основою масштабу (рис. 1.10). Крайню зліва основу ділять на 10 рівних частин. Кожному відрізку на лінійному масштабі відповідає певний відрізок на місцевості. Відрізки, які

відкладають від нульової позначки вправо, в масштабі 1:10 000, відповідають на місцевості 200, 400, 600, 800, а вліво – 20, 40,... 200 м.

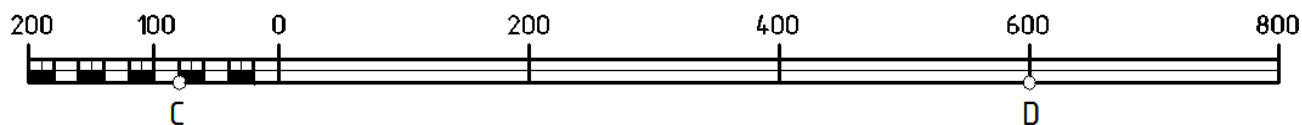


Рисунок 1.10 – Лінійний масштаб

Якщо який-небудь відрізок лінії плану на масштабі дорівнює CD , то йому відповідає на місцевості 680 м.

Для побудови *поперечного масштабу* на прямій відкладають декілька разів основу, яка дорівнює 2 см. З початку кожної основи проводять уверх перпендикуляри. Перпендикуляри ділять на 10 рівних частин. Через поділки проводять паралельні до основи лінії. Першу основу, як зверху, так і знизу, ділять на 10 частин і з'єднують послідовно початок верхньої лінії з першою поділкою нижньої, першу поділку верхньої – з другою поділкою нижньої і т.д. (рис. 1.11).

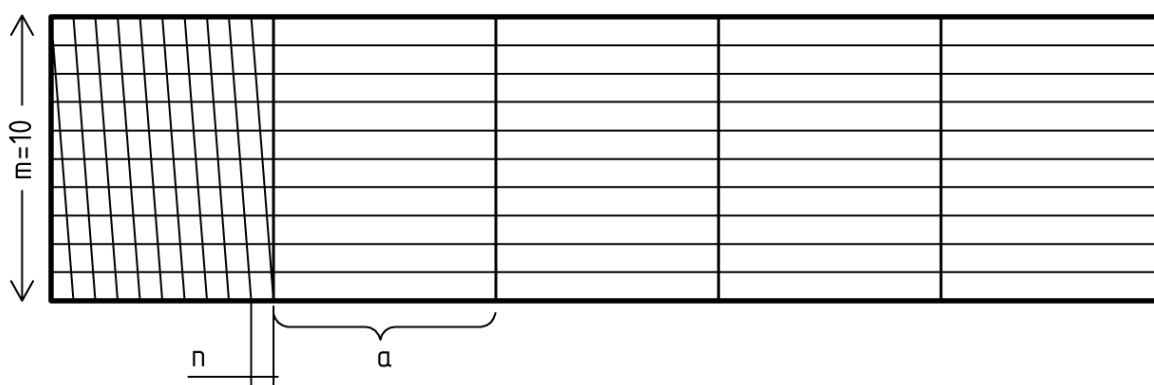


Рисунок 1.11 – Поперечний масштаб

Таким чином, отримують шкалу, утворену поділками, довжини яких дорівнюють $a = 2$ см; $n = a/10 = 0.2$ см; $m = a/100 = 0.02$ см. Найменша поділка m , яка дорівнює сотій частині основи, утворюється між перпендикуляром, який співпадає з початком другої основи, і похилою лінією.

Величину відрізка на місцевості, яка дорівнює 0.1 мм на плані або карті, називають *граничною графічною точністю масштабу*. Так, наприклад, гранична графічна точність масштабу 1:2 000 дорівнює 0.2 м.

1.3.3 Розграфлення і номенклатура карт і планів

Розграфлення – це система поділу карт на окремі аркуші за певним законом. Розграфлення буває *міжнародним і прямокутним*.

За основу міжнародного розграфлення беруть аркуш карти масштабу 1:1000000. При цьому поверхню Землі умовно поділяють на 60 колон і 22 пояси, в перетині яких утворюються трапеції розміром 6° за довготою і 4° за широтою. Кожну з цих трапецій зображують на окремому аркуші в масштабі 1:1000000. Систему позначення окремих аркушів карт називають **номенклатурою**. Номенклатура кожного аркуша карти масштабу 1:1000000 складається з позначення пояса і номера колони. Нумерація колон починається від меридіана з довготою 180° і ведеться проти ходу годинникової стрілки (рис. 1.12).

Пояси позначають великими літерами латинського алфавіту в південному і північному напрямках від екватору, починаючи з літери *A*. До позначення поясів південної півкулі додають літеру *S*. Наприклад, місто Харків розміщене на аркуші карти з номенклатурою М-37.

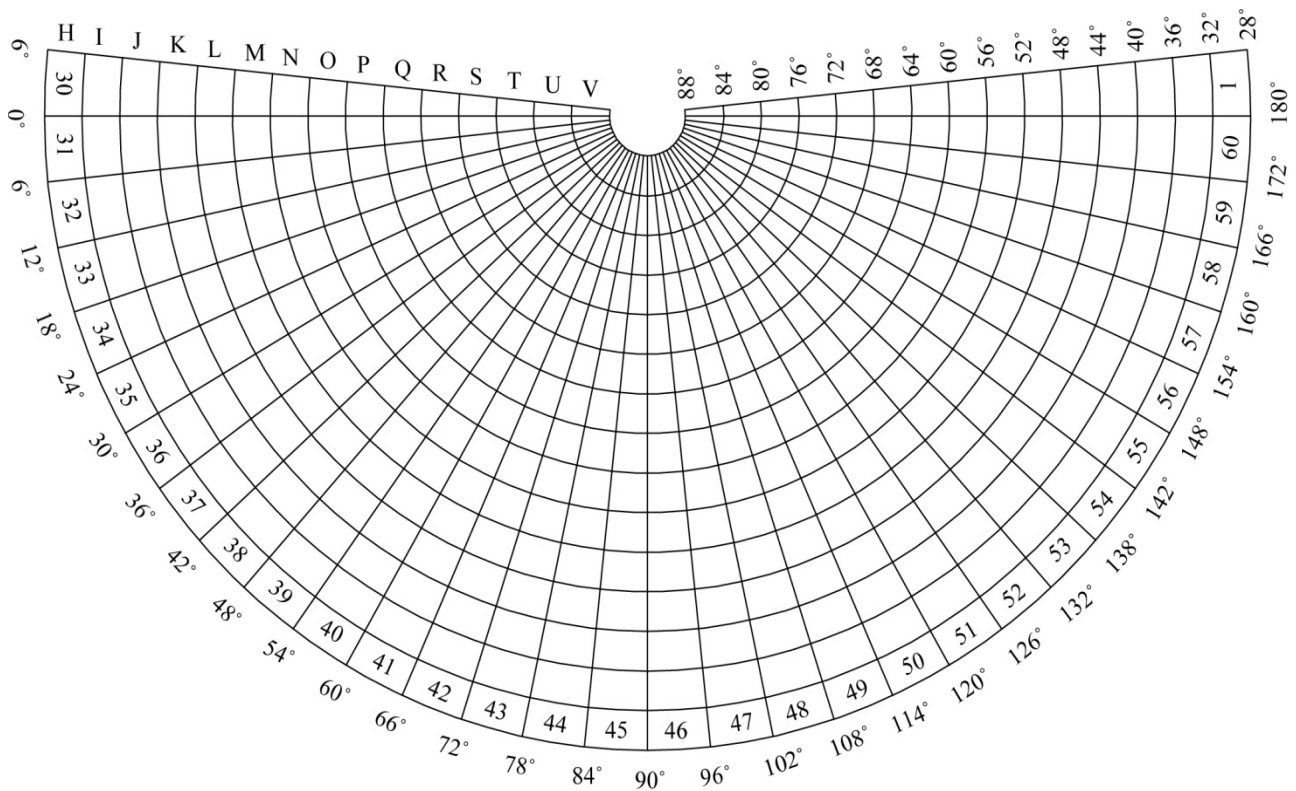


Рисунок 1.12 – Схема розграфлення земної поверхні на аркуші карти масштабу 1:1000000

Правило подальшого розграфлення полягає в постійному поділі аркуша карти дрібнішого масштабу меридіанами і паралелями на ціле число аркушів карти більшого масштабу.

Аркуш карти масштабу 1:1 000 000 (рис. 1.13) ділять на 4 аркуша карти масштабу 1:500 000 (позначаються літерами А, Б, В, Г), або на 36 аркушів

масштабу 1:200 000 (позначаються римськими цифрами I, II, ..., XXXVI), або на 144 аркуша масштабу 1:100 000 (позначаються арабськими цифрами 1, 2, ..., 144).

За основу розграфлення аркушів карт крупніших масштабів взятий аркуш карти масштабу 1:100 000. Його поділяють меридіанами і паралелями на 4 аркуша масштабу 1:50 000, які позначають літерами: А, Б, В, Г. Аркуш масштабу 1:50 000 поділяють на 4 аркуша масштабу 1:25 000 (позначаються літерами а, б, в, г). Аркуш масштабу 1:25 000 поділяють на 4 аркуша масштабу 1:10 000 (позначаються арабськими цифрами 1, 2, 3, 4).

За основу розграфлення листів карти масштабу 1:5 000 беруть аркуш карти масштабу 1:100 000, який поділяють на 256 частин (позначаються арабськими цифрами 1, 2, ..., 256). Кожний аркуш масштабу 1:5 000 поділяють на 9 аркушів карти масштабу 1:2 000 (позначаються буквами а, б, в, г, д, е, ж, з, и).

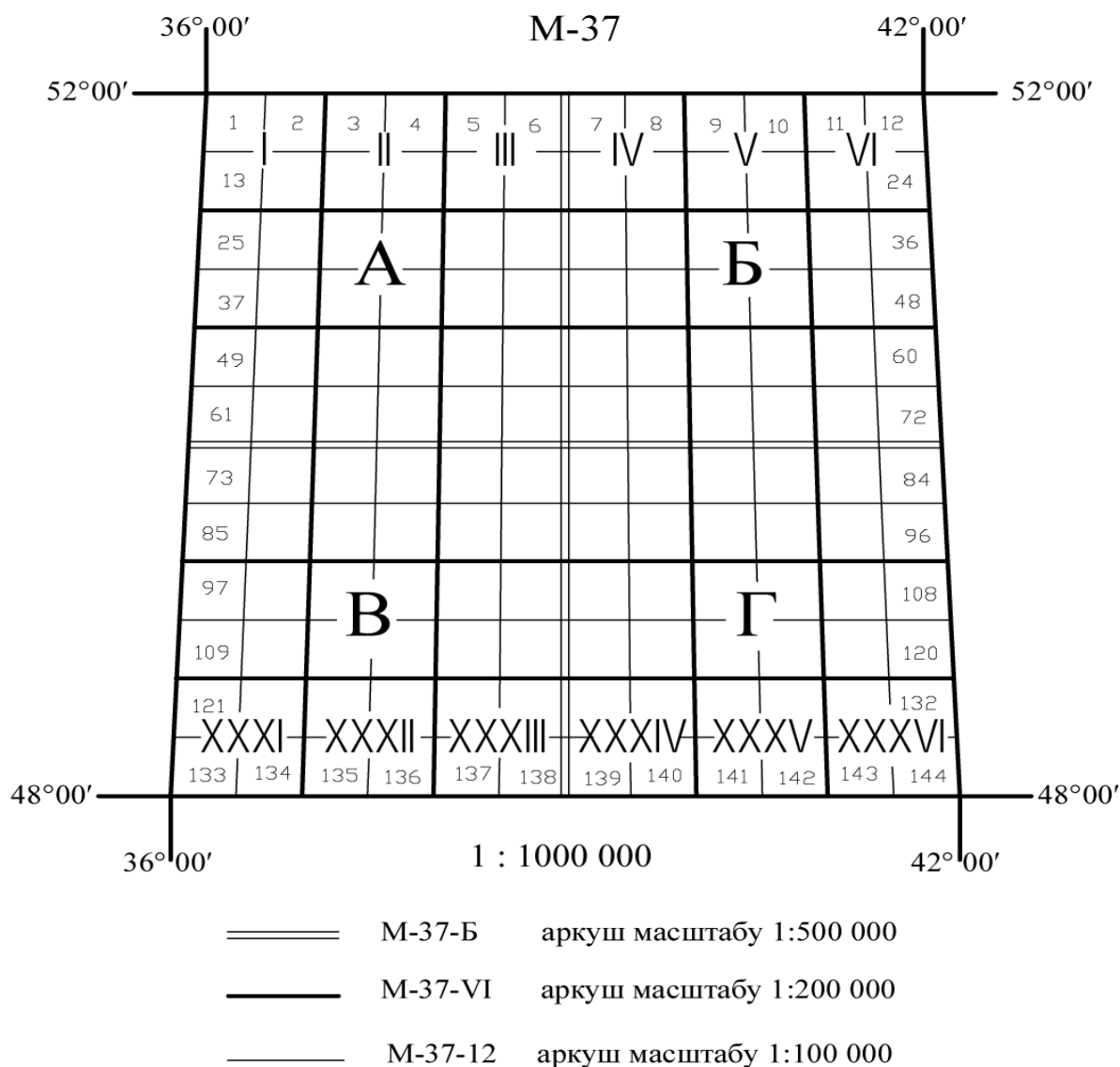


Рисунок 1.13 – Схема розграфлення аркушів карт масштабів 1:500 000, 1:200 000, 1:100 000 на аркуші карти масштабу 1:1000000

В таблиці 1.1 приведені показники міжнародного розграфлення і номенклатури аркушів карт різних масштабів

Таблиця 1.1 – Розграфлення і номенклатура карт і планів

Масштаб	Кількість листів	Розмір аркуша		Позначення аркуша	Приклад номенклатури
		за довготою	за широтою		
Розграфлення аркуша карти масштабу 1:1 000 000					
1:1 000 000	1	6°	4°		М-37
1:500 000	4	3°	2°	А, Б, В, Г	М-37-А
1:200 000	36	1°	40′	I,..., XXXVI	М-37-А-II
1:100 000	144	30′	20′	1, 2,..., 144	М-37-33
Розграфлення аркуша карти масштабу 1:100 000					
1:100 000	1	30′	20′		М-37-33
1:50 000	4	15′ 30″	10′	А, Б, В, Г	М-37-33-Б
1:25 000	16	7′ 30″	5′	а, б, в, г	М-37-33-Б-а
1:10 000	64	3′ 45″	2′ 30″	1, 2, 3, 4	М-37-33-Б-а-1
1:5 000	256	1′ 52.5″	1′ 15″	1, 2,..., 256	М-37-33-(48)
1:2 000	2204	37.5″	25″	а, б, в,..., и	М-37-33-(48-а)

Для топографічних планів, які створюють на ділянки площею менше ніж 20 кв. км, прийняте прямокутне розграфлення. При цьому рамками аркушів служать осі Х та У прямокутної системи координат (державної або місцевої). Розміри аркушів планів масштабу 1:5 000 дорівнюють 40 х 40 см, масштабів 1:2000, 1:1000, 1:500 – 50 х 50 см.

1.3.4 Зображення рельєфу на планах і картах

Під *рельєфом місцевості* розуміють сукупність нерівностей земної поверхні. На топографічних планах необхідно забезпечити не тільки наочне уявлення про топографічну поверхню, але й можливість інженерних розрахунків. Тому на сучасних топографічних планах і картах рельєф зображують горизонталями (рис. 1.14).

Горизонталь – замкнена крива лінія, яка з'єднує точки з однаковими висотами. Горизонталь також можна уявити як слід від перетину земної поверхні з горизонтальною площиною.

Відстань між сусідніми горизонталями вздовж прямовисної лінії називають *висотою перетину рельєфу (h)*, її підписують на кожному аркуші карти під чисельним масштабом. Відстань між горизонталями на плані називається *закладенням (d)*. Відмітки горизонталей підписують в їх розривах.

Верх цифри спрямований вверх схилу. Горизонталі зображають коричневим кольором, при цьому їх не викреслюють на водоймищах, ярах, обривах, формах рельєфу штучного походження.

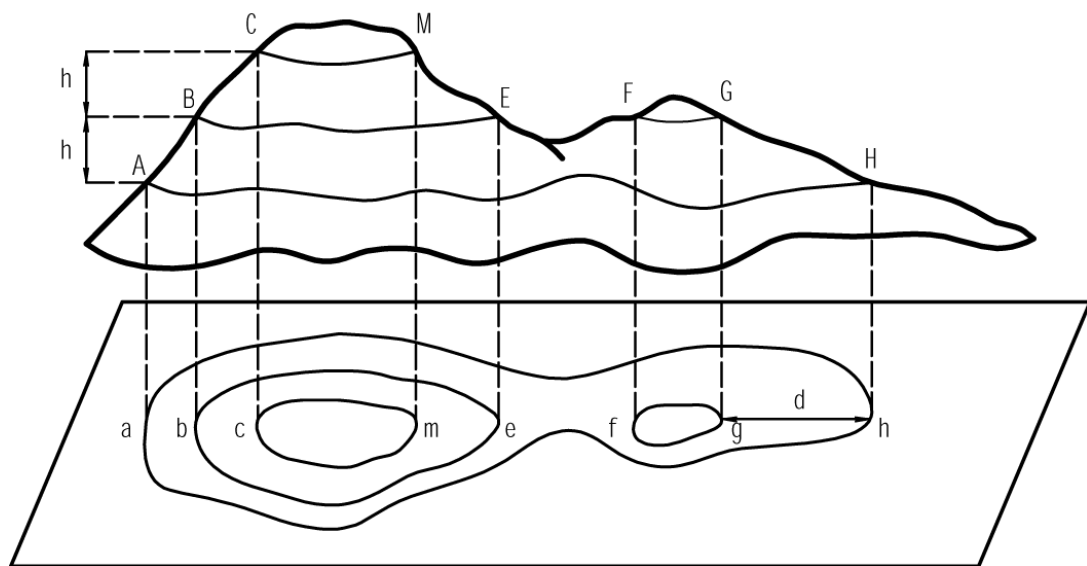


Рисунок 1.14 – Зображення рельєфу горизонталями

Із-поміж різноманіття форм рельєфу місцевості розрізняють п'ять найбільш типових: гора (пагорб), улоговина (западина), хребет, лощина, сідловина. Як видно з рис. 1.15, гора і улоговина за горизонталями мають однакову форму, і відрізнити їх можна лише за напрямом скатів. Для визначення напрямку скатів на деяких горизонталях проводять короткі поділки в напрямку скату, їх називають *бергштрихами*.

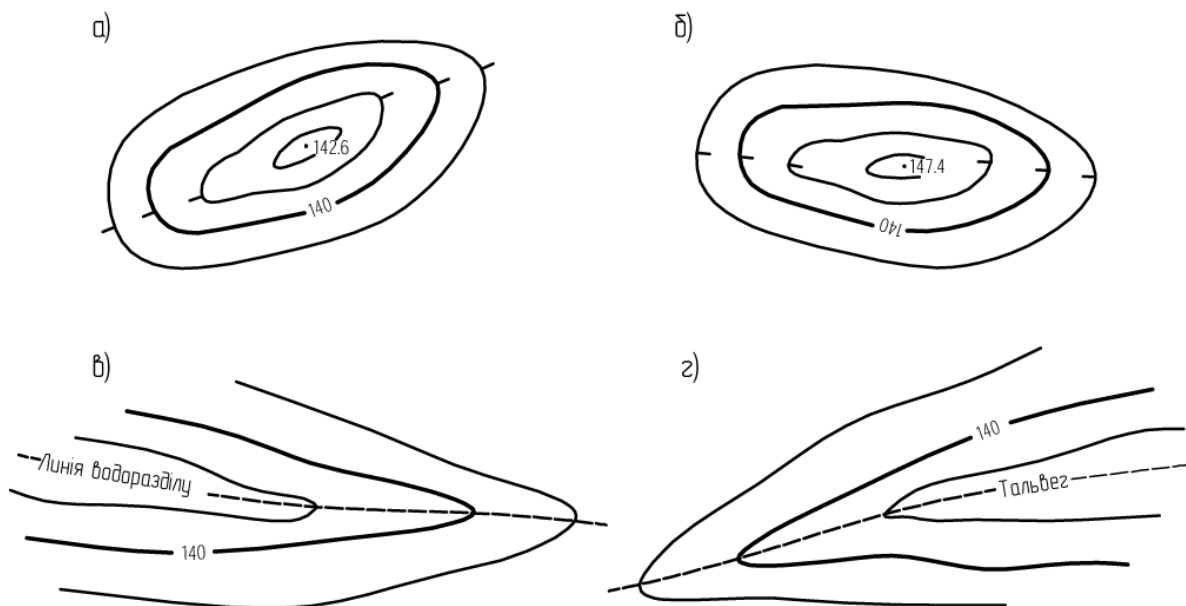


Рисунок 1.15 – Зображення основних форм рельєфу горизонталями:

а – гора; б – уловина; в – хребет; г – лощина

1.3.5 Умовні знаки карт і планів

Предмети місцевості зображають на планах і картах умовними знаками (рис. 1.16). Умовні знаки мають зовні нагадувати ті предмети, які зображають. Добре знання умовних знаків дає можливість легко уявити зображену місцевість.

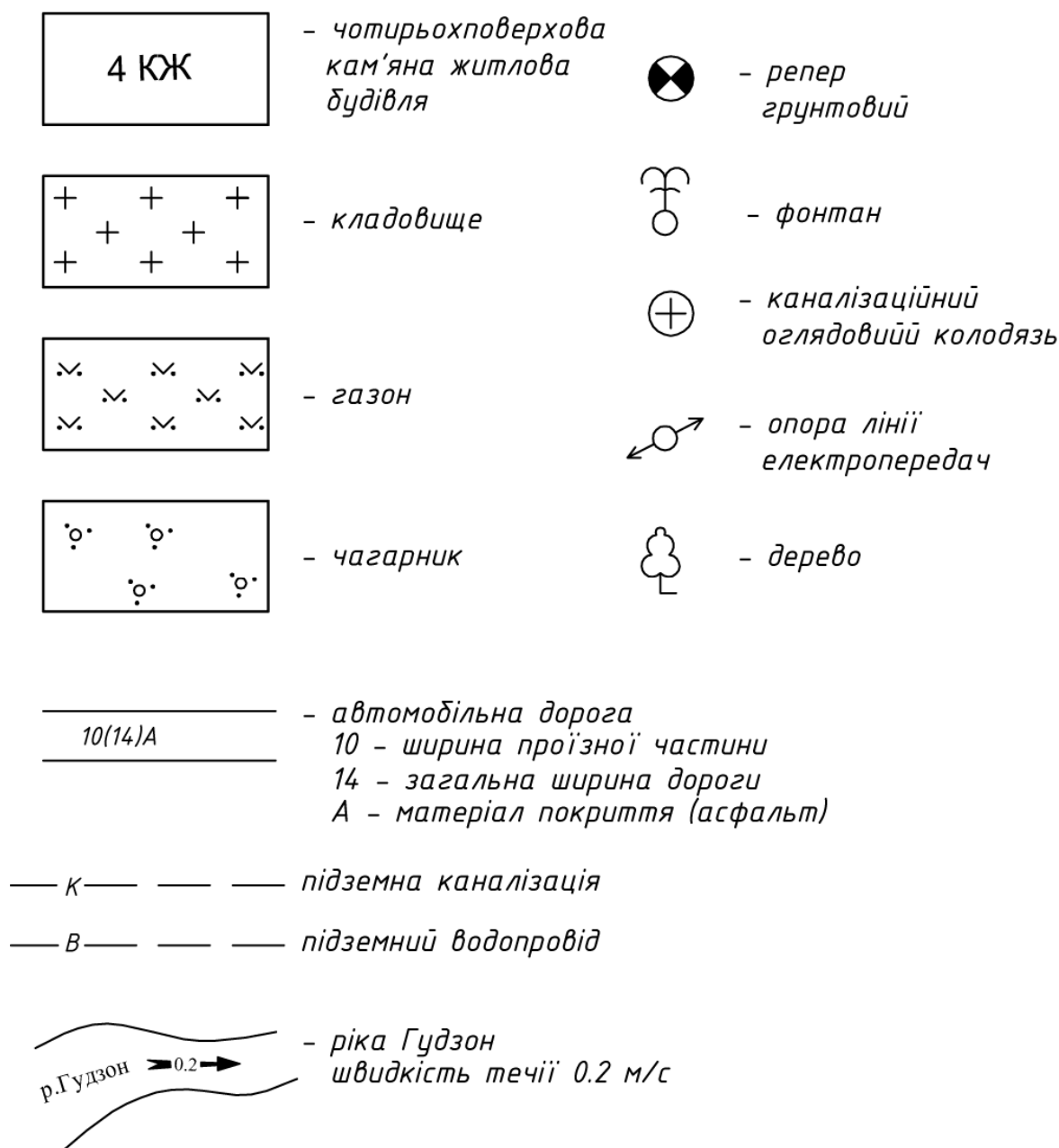


Рисунок 1.16 – Умовні знаки

Всі умовні знаки можна розділити на 4 групи. **Масштабні** або **контурні** умовні знаки використовують для зображення об'єктів, які можна виразити в масштабі даної карти чи плану, наприклад луки, ліси, города, моря і т.п. Масштабні умовні знаки дають можливість визначати розміри і форму об'єктів.

Позамасштабні умовні знаки використовують для зображення об'єктів, які за своїми розмірами не можуть бути виражені в масштабі плану, наприклад, оглядові колодязі підземних комунікацій, фонтани, ліхтарі на стовпах, свердловини і т.п. Як правило, позамасштабні умовні знаки визначають місцеположення об'єкту, і за ними не можливо визначити його розміри.

Лінійними умовними знаками зображають витягнуті об'єкти, довжина яких є масштабною, а ширина – позамасштабною (дороги, лінії електропередач, огорожі і т.п.)

Пояснювальні умовні знаки дають додаткову характеристику зображених об'єктів, наприклад, назви населених пунктів, швидкість течії річок, вантажопідйомність і ширина мостів, ширина шосейних доріг і т.п.

1.4 Кутові вимірювання

1.4.1 Загальний принцип вимірювання горизонтального кута

Кутові вимірювання виконують з метою визначення у просторі або на горизонтальній площині взаємного розташування точок місцевості. Для визначення положення точок на плані вимірюють горизонтальні кути. Для визначення їх положення за висотою вимірюють вертикальні кути (кути нахилу). Вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів на місцевості виконується спеціальним геодезичним приладом – *теодолітом*.

При вимірюванні горизонтального кута між напрямками AB і AC (рис. 1.17), які виходять з вершини вимірюваного кута – точки A , дані напрямки проєктують на горизонтальну площину, і між їх проєкціями Ab і Ac утворюється горизонтальний кут β , який вимірюють теодолітом.

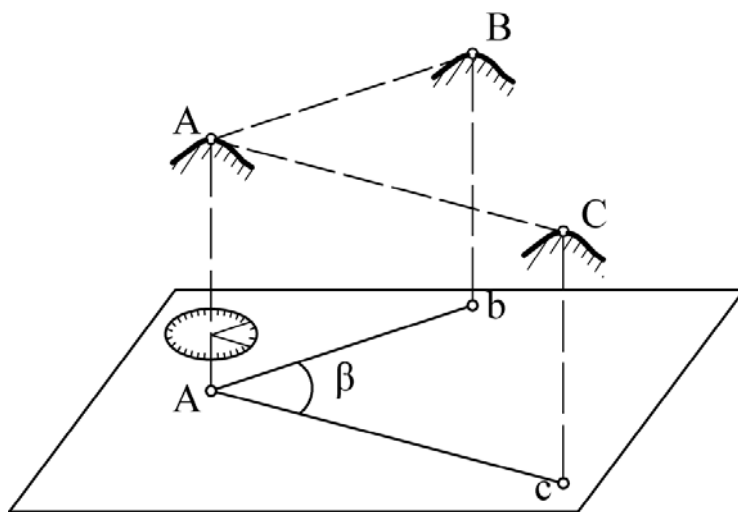


Рисунок. 1.17 – Схема вимірювання горизонтального кута

Роль горизонтальної площини у теодоліта виконує круг, який називають *лімбом*. На нього нанесена шкала градусних поділок. Градусні поділки лімба підписані від 0° до 360° за годинниковою стрілкою.

Центр лімба має знаходитись на одній прямовисній лінії з вершиною вимірюваного кута – точкою A . Щоб позначити на лімбі проекції напрямків AB і AC , над нерухомим під час вимірювання кута, лімбом обертається другий круг, який називають *алідадою*.

На алідаді нанесений відліковий пристрій у вигляді штриха або шкали, за допомогою яких беруть відлік по лімбу.

Лімб і алідада складають *горизонтальний круг* теодоліта (рис. 1.18).

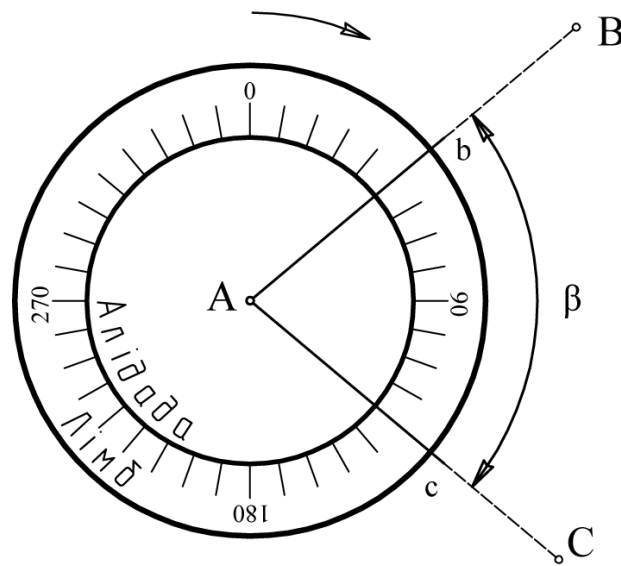


Рисунок 1.18 – Горизонтальний круг теодоліта

Для вимірювання кута β (рис. 1.18) наводять зорову трубу на праву точку (C), і навпроти штриха, який є на алідаді, беруть відлік U^{PP} по лімбу. Потім, не обертаючи лімб, обертають алідаду, зорову трубу наводять на ліву точку (B) і навпроти того ж штриха алідади, який опиниться в точці B , беруть відлік U^{LB} по лімбу.

Так як поділки на лімбі підписані за ходом годинникової стрілки, то відлік U^{PP} буде більший за відлік U^{LB} , і горизонтальний кут β буде дорівнювати:

$$\beta = U^{PP} - U^{LB}. \quad (1.3)$$

Якщо при цьому відлік U^{PP} виявиться меншим за відлік U^{LB} , то до відліку U^{PP} треба додати 360° . А формула обчислення горизонтального кута в такому разі, відповідно, має вигляд

$$\beta = U^{PP} + 360^\circ - U^{LB}. \quad (1.4)$$

1.4.2 Будова теодоліта

Незалежно від конструкції, модифікації і класу точності, будь-який теодоліт має такі геометричні елементи (рис. 1.19):

- вертикальна вісь обертання теодоліта (ZZ');
- візирна вісь зорової труби (VV');
- горизонтальна вісь обертання зорової труби (HH');
- вісь циліндричного рівня (UU');

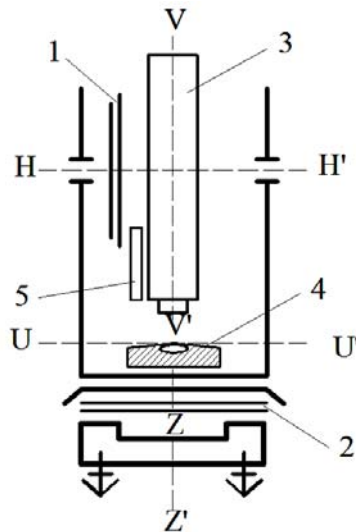
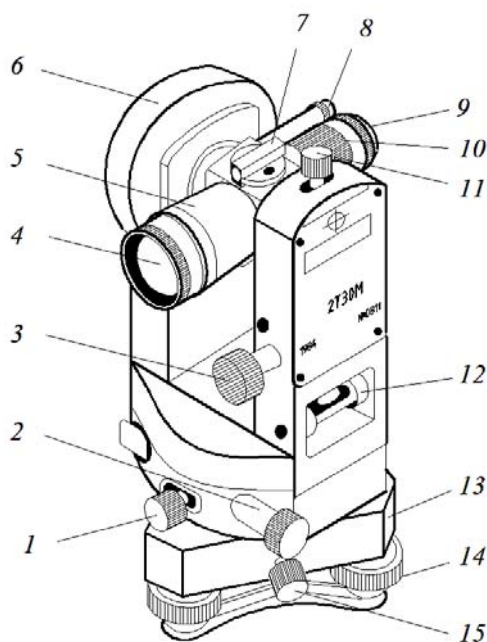


Рисунок 1.19 – Конструктивна схема теодоліта:

1 – вертикальний круг; 2 – горизонтальний круг; 3 – зорова труба;
4 – циліндричний рівень; 5 – відліковий пристрій

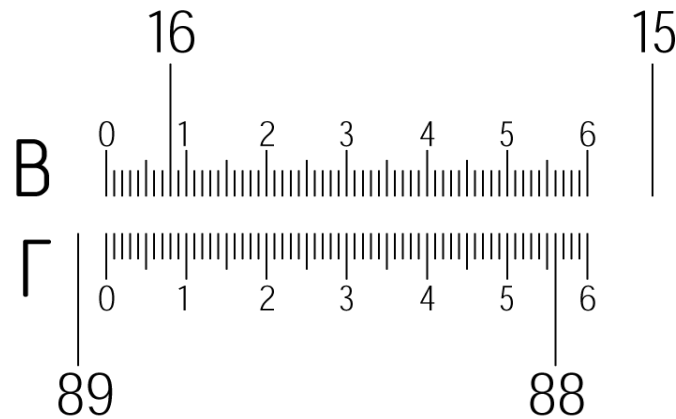
На рис. 1.20 зображений загальний вигляд теодоліта технічної точності 2Т30М.



1 – закріпний гвинт горизонтального круга;
2 – навідний гвинт горизонтального круга;
3 – навідний гвинт зорової труби;
4 – об'єктив;
5 – зорова труба;
6 – вертикальний круг;
7 – оптичний візир;
8 – трубка відлікового мікроскопа;
9 – окуляр (діоптрійне кільце);
10 – кільце фокусуючої лінзи;
11 – закріпний гвинт зорової труби;
12 – циліндричний рівень;
13 – підставка;
14 – підйомні гвинти;
15 – закріпний гвинт підставки.

Рисунок 1.20 – Основні конструктивні елементи теодоліта 2Т30М

При вимірюванні кутів беруть відліки по *лімбу*. На рис. 1.21 зображене поле зору відлікового шкалового мікроскопа теодоліта 2Т30М. Верхня частина поля зору дає зображення шкали і поділок лімба вертикального круга, нижня – горизонтального.



*Рисунок 1.21 – Поле зору шкалового мікроскопа:
відлік за ВК дорівнює $16^{\circ}08'$; відлік за ГК дорівнює $88^{\circ}55'$.*

Ціна поділки лімба дорівнює 1° . Довжина шкали, за допомогою якої роблять відлік, дорівнює одній поділці рівня. Вона розділена на 60 поділок, отже ціна поділки шкали дорівнює $1'$. Десяті частки поділки шкали оцінюють на око, отже відлік виконують до $0.1'$.

1.4.3 Вимірювання горизонтальних кутів способом прийомів

Перед початком вимірювань теодоліт приводять в робоче положення. Для цього встановлюють штатив над вершиною вимірюваного кута. Прикріплюють теодоліт до штатива за допомогою станового гвинта. Далі виконують такі дії:

1. *Центрування* – сполучення центру горизонтального круга з прямовисною лінією, яка проходить через вершину вимірюваного кута. Центрування виконують за допомогою відвісу (ниткового, оптичного, лазерного). Допустиме відхилення відвісу від точки – 3 – 4 мм.

2. *Горизонтування* – приведення площини лімба у горизонтальне положення. Горизонтування виконується за допомогою циліндричного рівня та підйомних гвинтів.

Після приведення теодоліта в робоче положення вимірюють горизонтальний кут між напрямками на дві точки при двох положеннях вертикального круга. Такий спосіб вимірювання горизонтального кута називається *способом прийомів*. Вимірювання виконуються в такій послідовності.

Перший напівприйм.

- При положенні вертикального круга, наприклад, зліва, зорову трубу наводять на праву точку. В мікроскопі беруть відлік $U^{ПР}$ по шкалі горизонтального круга.
- Відкріплюють алідаду, візують на ліву точку і беруть відлік $U^{ЛВ}$.
- Обчислюють значення горизонтального кута за формулою (1.3).

Другий напівприйм.

Виконується для контролю вимірювань.

- Трубу переводять через zenit і змінюють, таким чином, положення вертикального круга на протилежне – КП.
- Повторюють дії першого напівприйому.
- Обчислюють значення горизонтального кута, виміряного при крузі праворуч за формулою (1.3)

Порівнюють результати і перевіряють виконання умови

$$\Delta\beta = |\beta_{кл} - \beta_{кп}| \leq 1'.$$

Якщо умова виконується, обчислюють середнє значення кута. Результат записують до журналу (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Приклад заповнення журналу вимірювання горизонтального кута

№ точки		Положення ВК	Відлік по ГК	Горизонтальний кут		Схема розташування точок
стояння	візування			з напів- прийому β	середній $\beta_{ср}$	
1	2	3	4	5	6	
	8	КЛ	100°30.5'	90°20.5'		
16	2	КЛ	10°10.0'		90°21.0'	
	8	КП	280°31.5'	90°21.5'		
	2	КП	190°10.0'			

1.4.4 Вимірювання кутів нахилу

Принцип вимірювання кутів нахилу, які знаходяться у вертикальній площині, полягає у визначенні кута між горизонтальною лінією і напрямком на точку візування.

Для вертикального круга теодоліта має виконуватись умова: при сполученні нуля лімба зі штрихом відлікового пристрою візирна вісь зорової труби має бути у горизонтальному положенні. Ця умова не завжди виконується.

А відлік по вертикальному кругу при горизонтальному положенні візирної осі зорової труби називається *місцем нуля (МО)* вертикального круга (рис. 1.22).

Кут нахилу вимірюють двічі (при двох положеннях вертикального круга). При цьому спочатку обчислюють *МО* за формулою

$$MO = \frac{U_{КП}^{ВК} + U_{КЛ}^{ВК} \pm 180^\circ}{2}. \quad (1.5)$$

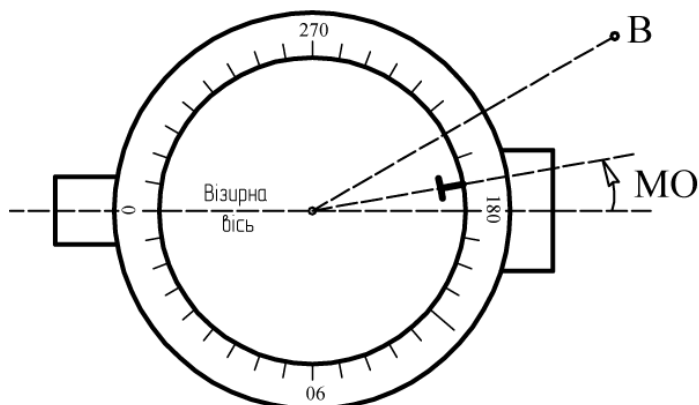


Рисунок 1.22 – Вертикальний круг теодоліта

Обчислюють значення кута нахилу за однією з формул:

$$v = КЛ - МО, \quad (1.6)$$

$$v = МО - КП \pm 180^\circ. \quad (1.7)$$

Результати вимірювань заносять до журналу (табл.1.3).

Таблиця 1.3 – Журнал вимірювання кута нахилу

№ точки		Положення ВК	Відлік по ВК	МО	Кут нахилу, v	<p>Схема розміщення точок</p>
стояння	візування					
1	2	3	4	5	6	
16	8	КЛ	9°05.5'	0°00.5'	9°05.0'	
	8	КП	170°55.5'			

1.5 Методи вимірювання перевищень. Геометричне нівелювання

1.5.1 Методи нівелювання

Нівелюванням називають вид геодезичних робіт, при яких вимірюють перевищення між точками земної поверхні або будівельних конструкцій.

Розрізняють такі види нівелювання:

- *геометричне* – виконується за допомогою нівеліра і базується на принципі горизонтального променя візування;
- *тригонометричне* – виконується за допомогою теодоліта і базується на принципі похилого променя візування;
- *гідростатичне* – базується на властивості поверхні рідини знаходитися на одному рівні в сполучених посудинах;
- *барометричне* – базується на залежності зміни атмосферного тиску від зміни висоти точки;
- *стереофотограмметричне* – базується на вимірюванні перевищень за аерофотознімками земної поверхні.

При виконанні інженерно-будівельних робіт найчастіше застосовують геометричне, тригонометричне і гідростатичне нівелювання.

1.5.2 Будова нівеліра і рейок

Нівелір – оптико-механічний прилад, призначений для вимірювання перевищень між точками геометричним методом.

За будовою розрізняють:

- нівеліри з циліндричним рівнем на зоровій трубі;
- нівеліри з компенсатором;
- електронні нівеліри.

За точністю нівеліри поділяють на:

- високоточні (Н-05, Н-1, Н-2);
- точні (Н-3);
- технічні (Н-10).

На рис. 1.23 зображений технічний нівелір Н-10КЛ з компенсатором і лімбом. Оптична система даного нівеліра після попереднього приведення за допомогою круглого рівня осі обертання у вертикальне положення автоматично встановлює візирну вісь зорової труби в горизонтальне положення. Лімб призначений для вимірювання горизонтальних кутів.

Для встановлення нівеліра на зручну для спостерігача висоту використовують нівелірний штатив. Нівелір кріпиться до штатива за допомогою станового гвинта. Для вимірювання перевищень використовують рейки. Нівелірні рейки можуть виготовлятися з дерев'яних брусків або з алюмінію, можуть бути суцільними або складаними.

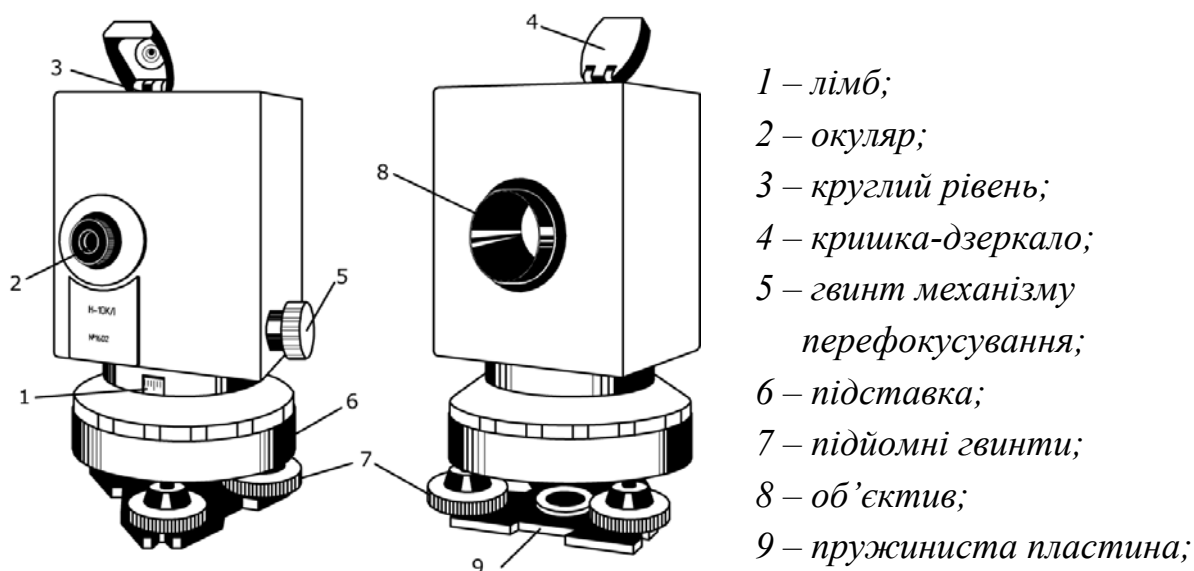


Рисунок 1.23 – Нівелір Н-10КЛ

Для точного нівелювання, а також при виконанні всіх видів геодезичних і розмірочних робіт у будівництві застосовують рейку РН-3 (рис. 1.24). Рейка РН-3 – дерев'яна, довжиною 3 метри. Для контролю відліків поділки на рейці нанесені з обох боків. Поділки шашечці з інтервалом 1 см. З одного боку чергуються чорні та білі поділки (основна шкала), з іншого – червоні та білі (допоміжна шкала). На основній шкалі відлік поділок починається з нуля, на допоміжній – з довільного числа.



Рисунок 1.24 – Рейка РН-3

На рис. 1.25 наведено поле зору нівеліра Н-10КЛ в момент взяття відліку.

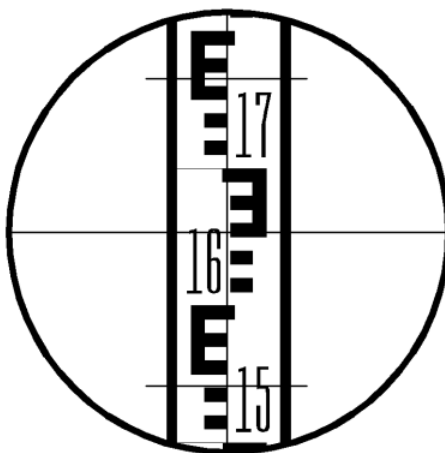


Рисунок 1.25 – Поле зору нівеліра Н-10КЛ.

Відлік по рейці дорівнює 1654 мм

Вертикальний штрих сітки ниток наводять на центр рейки і беруть відлік за горизонтальним штрихом. Спочатку беруть кількість підписаних дециметрів (16), потім повних сантиметрових поділок (5) і на око оцінюють десяті частки сантиметрової поділки (4). Повний відлік складає $1600 + 50 + 4 = 1654$ мм.

1.5.3 Способи вимірювання перевищень при геометричному нівелюванні

Розрізняють два способи геометричного нівелювання:

- із середини;
- вперед.

Нівелювання із середини. Між закріпленими точками місцевості A і B встановлюють нівелір (місце установки нівеліра називають станцією). В точках A і B вертикально встановлюють рейки. Нівелір приводять в робоче положення. Візують на задню рейку і беруть відлік U_A (рис. 1.26).

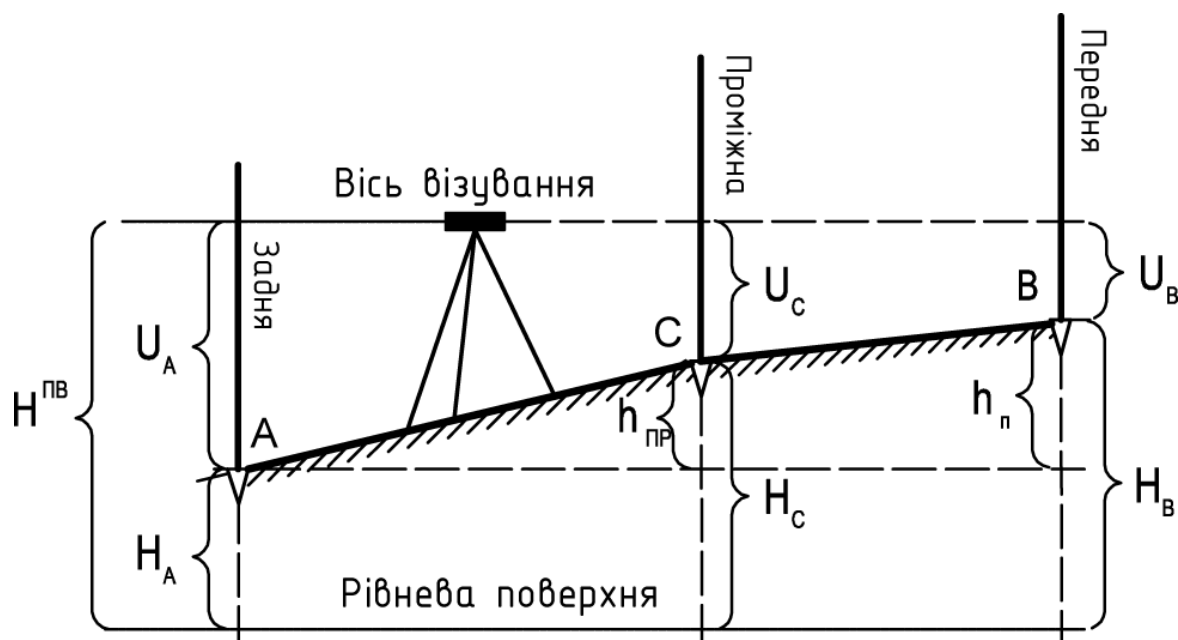


Рисунок 1.26 – Схема нівелювання із середини

Повертають зорову трубу на точку B і беруть відлік U_B . Перевищення між точками h_{AB} обчислюють за формулою

$$h_{AB} = U_A - U_B. \quad (1.8)$$

Якщо відома відмітка H_A точки A , то відмітка точки B буде дорівнювати

$$H_B = H_A + h_{AB}. \quad (1.9)$$

Тобто відмітка наступної точки дорівнює відмітці попередньої точки плюс перевищення. Відмітку наступної точки можна також обчислити через

висоту променя візування. Відповідно до рисунка, висота променя візування H^{PB} буде дорівнювати

$$H^{PB} = H_A + U_A, \quad (1.10)$$

тоді

$$H_C = H^{PB} - U_C. \quad (1.11)$$

Тобто відмітка точки дорівнює висоті променя візування мінус відлік по рейці, встановленій на цій точці.

Нівелювання вперед. При нівелюванні вперед в точці A встановлюють нівелір, а в точці B – рейку (рис. 1.27).

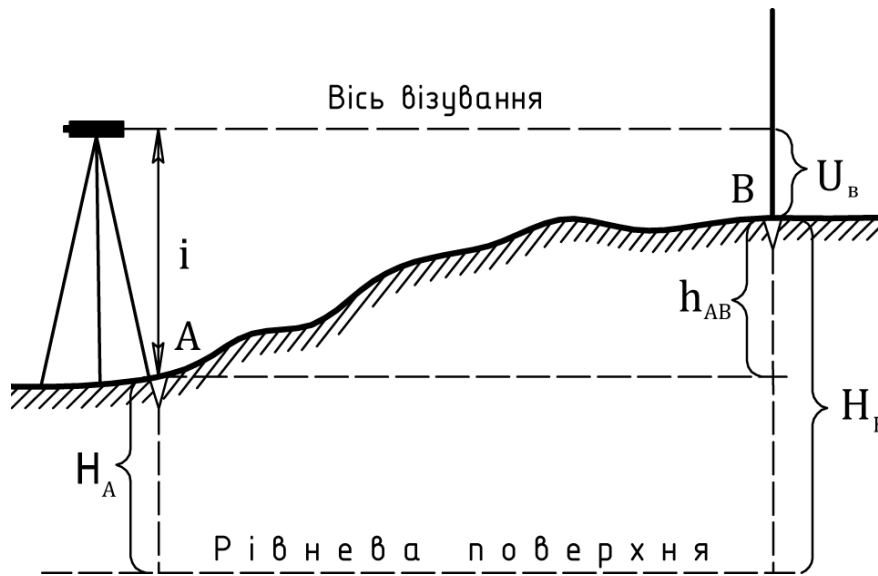


Рисунок 1.27 – Схема нівелювання вперед

Приводять нівелір в робоче положення і вимірюють його висоту i . Беруть відлік U_B по рейці, встановленій в точці B .

Шукане перевищення h_{AB} обчислюють за формулою

$$h_{AB} = i - U_B. \quad (1.12)$$

1.5.3 Порядок роботи на станції геометричного нівелювання

Вимірювання перевищень при технічному нівелюванні виконують у такій послідовності.

1. Нівелір встановлюють посередині між точками A і B (рис. 1.26) і приводять його в робоче положення.

В журналі технічного нівелювання (табл. 1.4) фіксують номер станції (I), задньої (A), передньої (B) і проміжної (C) точок.

2. Візують на задню рейку, встановлену в точці A , і беруть відлік за чорною шкалою (2190). Результат заносять до колонки №3.

3. Візують на передню рейку, встановлену в точці B , і так само беруть відлік за чорною шкалою (0550). Результат записують у колонку №4.

4. Перевертають передню рейку червоним боком і беруть відлік за шкалою (5202).

5. Візують на задню рейку, встановлену в точці A , і беруть відлік за червоною шкалою (6840).

6. Візують на проміжну точку (C) і беруть відлік тільки за чорною шкалою (1166). Результат записують в колонку №5 журналу технічного нівелювання.

Таблиця 1.4 – Журнал технічного нівелювання

№ станції	№ точки	Відлік за шкалою, мм			Перевищення, мм		Висота променя візування $H^{ПВ}$, м	Відмітка точки H , м
		задній	передній	проміжний	виміряне	середнє		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	A	2190					102.190	100.000
		6840			1640	1639		
	B		0550		1638			101.639
			5202					
	C			1166				101.024

1.5.4 Послідовне нівелювання

Послідовне нівелювання виконують з метою передачі відміток на значні відстані, а також для побудови профілю місцевості.

Лінію AB (рис. 1.28) розбивають на частини, кожна з яких нівелюється з однієї станції. Встановивши нівелір на першій станції, отримують перевищення точки A відносно точки I :

$$h_1 = U_A - U_1. \quad (1.13)$$

Далі послідовно переставляють нівелір і рейки, аналогічно знаходять перевищення h_2, h_3, h_4 між точками 1 і $2, 2$ і $3, 3$ і B . Таким чином прокладають нівелірний хід. Перевищення кінцевої точки над початковою h_{AB} дорівнює сумі перевищень, отриманих з усіх станцій:

$$h_{AB} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 = \Sigma h. \quad (1.14)$$

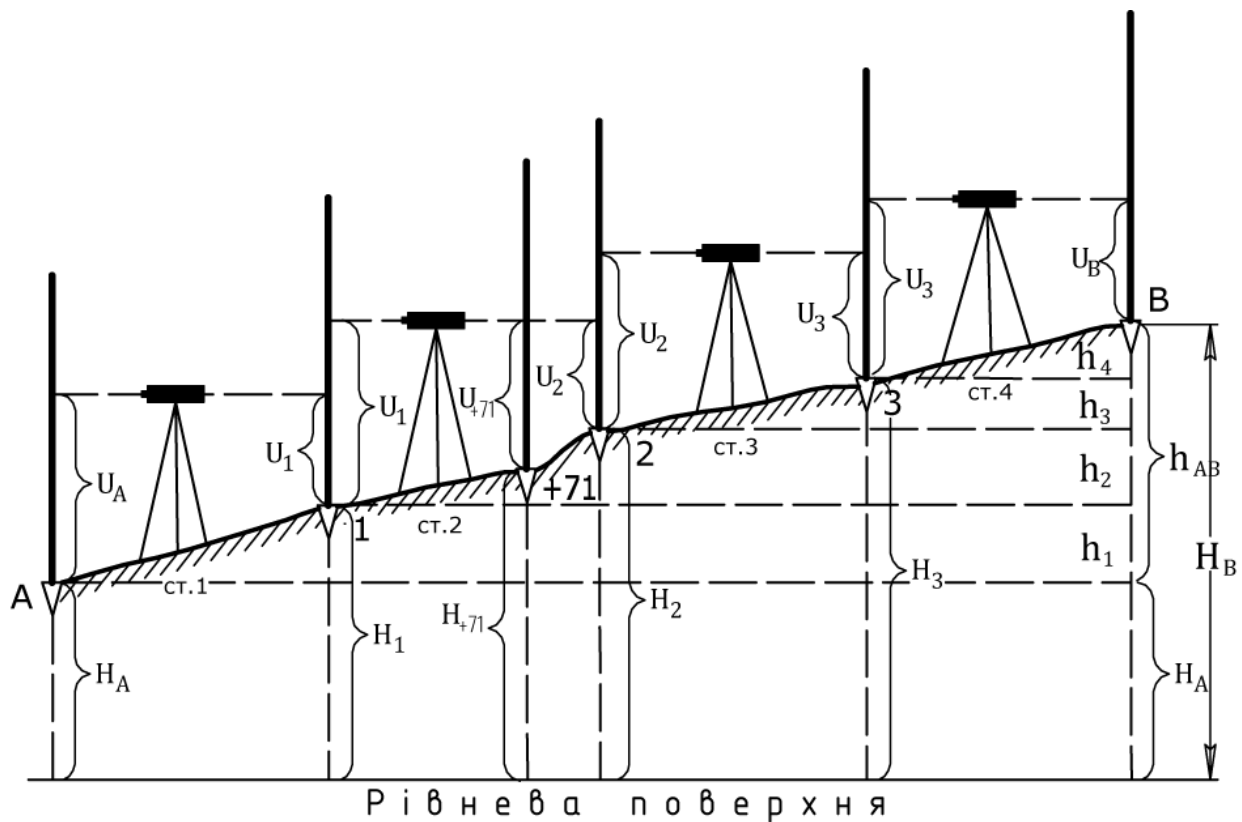


Рисунок 1.28 – Схема послідовного нівелювання

Відмітка H_B кінцевої точки буде дорівнювати відмітці початкової точки плюс сума усіх перевищень:

$$H_B = H_A + \Sigma h. \quad (1.15)$$

Якщо нівелювання виконують з метою побудови профілю місцевості, то визначають висоти всіх задніх і передніх точок (1, 2, ...):

$$H_1 = H_A + h_1, \quad H_2 = H_1 + h_2. \quad (1.16)$$

Через точки 1, 2, ... виконують послідовну передачу відміток нівелірним ходом. Ці точки називають сполучними. Сполучні точки позначають на місцевості через певні інтервали (частіше через 100 м), тому вони можуть не співпадати з точками перегину рельєфу. Проте для побудови профілю місцевості важливо знати відмітки цих точок. Ці точки називають проміжними або плюсовими і позначають числом метрів, яке відповідає відстані від задньої точки (на рис. 1.28 це точка +71 на станції 2).

Відмітки проміжних точок обчислюють через висоту променя візування. Відліки по рейкам, встановленим на проміжних точках, в обрахунку відміток сполучних точок не приймають участі.

1.6 Лінійні вимірювання. Засоби і методи лінійних вимірювань

1.6.1 Вимірювання довжин ліній механічними засобами

До механічних засобів відносять мірні стрічки, рулетки різної довжини. Вимірювання виконують або на поверхні землі, або підвішуючи прилад для вимірювання на невеликій відстані (1 – 1.5 м) на спеціальних штативах. В будь-якому випадку замість прямої – найкоротшої відстані між кінцевими точками лінії – вимірюють деяку ламану лінію. Тому для отримання горизонтального прокладення d вимірюють кут нахилу лінії або її окремих частин (рис. 1.29). Місцевість з кутами нахилу до 2° вважають рівнинною.

На рисунку видно, що горизонтальне прокладення між точками A і B буде дорівнювати сумі відрізків d_1, d_2, d_3 , довжина яких обчислюється за формулою:

$$d = D \cdot \cos v, \quad (1.17)$$

де D – похила відстань, виміряна на місцевості;

v – кут нахилу місцевості.

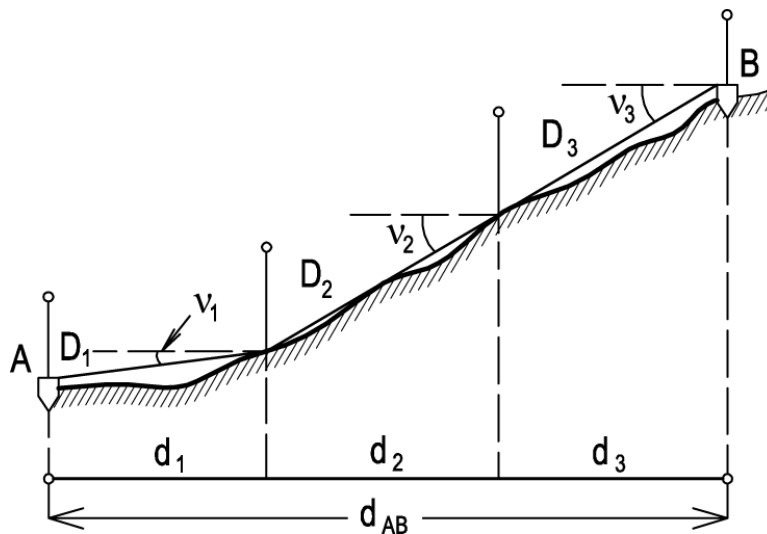


Рисунок 1.29 – Вимірювання довжини лінії мірною стрічкою

Перевагами механічних засобів вимірювання довжин ліній є:

1. Висока точність вимірювання ліній, довжина яких не перевищує довжини приладу для вимірювання;
2. Простота будови та експлуатації;
3. Невисока вартість.

Суттєвим недоліком є велика трудоемність при вимірюванні довжин ліній, обумовлена необхідністю розчищення наземної траси і вимірювання кутів нахилу окремих ділянок лінії.

1.6.2 Вимірювання довжин ліній оптичними віддалемірами.

Віддалеміри – це геодезичні прилади, призначені для непрямого визначення довжини лінії. Оптичні віддалеміри за конструкцією поділяють на ниткові й віддалеміри подвійного зображення. Віддалеміри подвійного зображення сьогодні практично не використовують. Ниткові віддалеміри застосовують частіше, конструктивно вони виконані у вигляді зорової труби теодоліта чи нівеліра, на сітку якої нанесені два віддалемірних штриха p і q (рис. 1.30). Для визначення відстані в точці A встановлюють теодоліт і візують на рейку, встановлену в точці B .

Промені від віддалемірних штрихів p і q проходять через об'єktiv, фокус F і утворюють паралактичний кут β . На рейці відповідно отримуємо проекції променів у точках P і Q . За кількістю поділок між ними можна визначити довжину l .

Згідно з рисунком відстань D визначається за формулою

$$D = D_1 + f_{об} + \delta, \quad (1.18)$$

де $f_{об}$ – фокусна відстань об'єктива;

δ – стала відстань від осі обертання теодоліта ZZ до осі симетрії об'єктива.

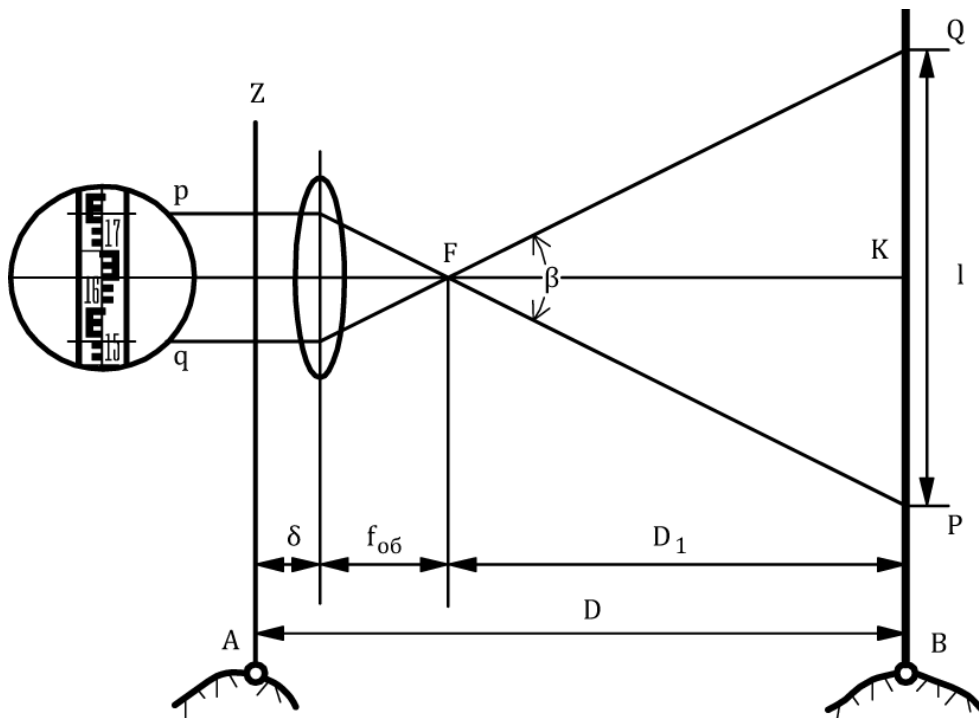


Рисунок 1.30 – Принципова схема ниткового віддалеміра

Складові $f_{об}$ і δ конструктивно сталі, отже їх позначають як

$$c = f_{об} + \delta. \quad (1.19)$$

Величину D_l визначають за формулою

$$D_1 = \frac{1}{2} l \cdot \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2}. \quad (1.20)$$

Кут β сталий, тому позначимо

$$\frac{1}{2} \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2} = K. \quad (1.21)$$

Тоді

$$D = K \cdot l + c. \quad (1.22)$$

Для зручності відстань між штрихами сітки ниток обирають таку, щоб коефіцієнт $K = 100$. Постійна складова c для теодолітів серії Т30 дорівнює 0.1 м. Таким чином, один сантиметр на рейці дорівнює 1 м довжини лінії на місцевості. Відносна точність визначення довжини лінії на місцевості становить 1:300.

1.6.3 Вимірювання довжин ліній радіофізичними засобами

Під радіофізичними засобами розуміють прилади для вимірювання довжин ліній за часом розповсюдження електромагнітних коливань між кінцевими точками лінії. Залежно від виду електромагнітних коливань радіофізичні засоби поділяють на *світловіддалеміри* і *радіовіддалеміри*.

Під час вимірювання довжини лінії в початковій точці A встановлюють прийомопередавач, який випромінює електромагнітні хвилі, а в кінцевій точці B – віддзеркалювач (рис. 1.31), який відбиває хвилі в зворотному напрямку. В такому випадку шукана відстань D визначається за формулою

$$D = \frac{1}{2} v \cdot t, \quad (1.23)$$

де V – швидкість поширення електромагнітних хвиль;

t – інтервал часу проходження електромагнітних хвиль.

Обробка сигналу виконується безпосередньо в світловіддалемірі, а результат вимірювання виводиться на табло.

При виконанні інженерно-будівельних робіт застосовують електронні тахеометри, які дозволяють вимірювати відстані до декількох кілометрів з точністю 1 – 10 мм.

Для вимірювання відстаней до 150 м з похибкою 2 – 3 мм на будівельних майданчиках і в приміщеннях використовують лазерні рулетки, які не потребують віддзеркалювача.

Перевагами радіофізичних засобів вимірювань є:

1. Висока швидкість вимірювань;
2. Висока точність;
3. Можливість вимірювання великих відстаней без підготовки траси.

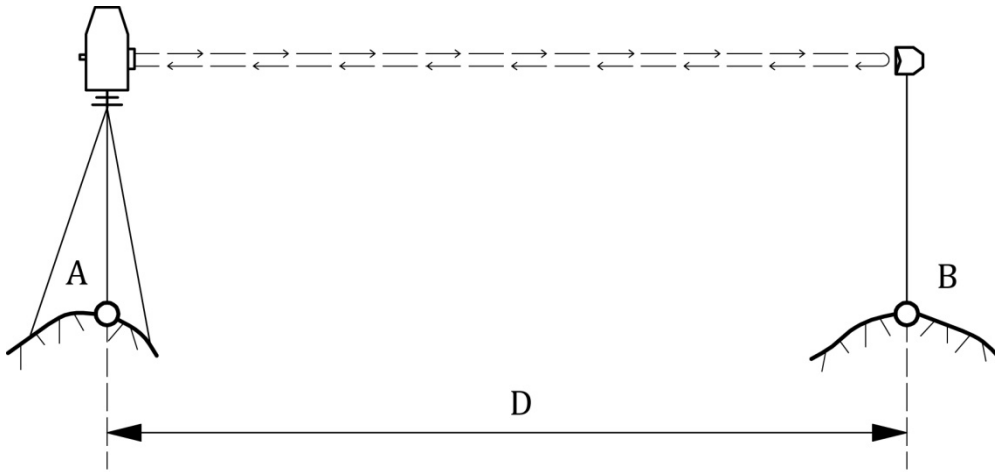


Рисунок 1.31 – Вимірювання довжини лінії світловіддалеміром

До недоліків радіофізичних засобів вимірювання ліній можна віднести – високу вартість і відносно складну будову.

2 ТОПОГРАФІЧНІ ЗНІМАННЯ

2.1 Теодолітні ходи

2.1.1 Призначення і класифікація опорних геодезичних мереж

Геодезичні роботи виконують з метою побудови топографічних карт і планів, а також для вирішення інженерно-геодезичних завдань при вишукуванні, проектуванні й будівництві споруд.

Щоб з'єднати карти, складені для різних ділянок місцевості, в загальну топографічну карту району, області або країни необхідно, щоб всі вимірювання виконувались в єдиній системі координат. Система закріплених на місцевості постійними знаками пунктів, для яких визначені із заданою точністю координати X , Y , H , утворює *геодезичну мережу*.

Геодезичну мережу створюють за принципом «від загального до часткового». Спочатку на території країни створюють нещільну мережу пунктів, максимально можливої високої точності. Потім таку мережу поступово згущують, а точність вимірювань знижується.

За таким принципом в Україні геодезичну мережу ділять на:

- державну геодезичну мережу;
- мережі згущення;
- зйомочні мережі.

Розрізняють планові мережі (з визначеними координатами X, Y), висотні мережі (з визначеними висотами H) і планово-висотні мережі (з визначеними координатами X, Y і висотами H). Планові геодезичні мережі створюють астрономічним, геодезичним або супутниковим способом. Висотні геодезичні мережі створюють геометричним нівелюванням, тригонометричним нівелюванням або супутниковим способом.

2.1.2 Принцип побудови теодолітного ходу

Теодолітний хід слугує зйомочною основою для виконання топографічних зйомок. Теодолітні ходи проєктують на існуючих картах та планах крупного масштабу у вигляді замкнених полігонів і розімкнених ходів (рис. 2.1).

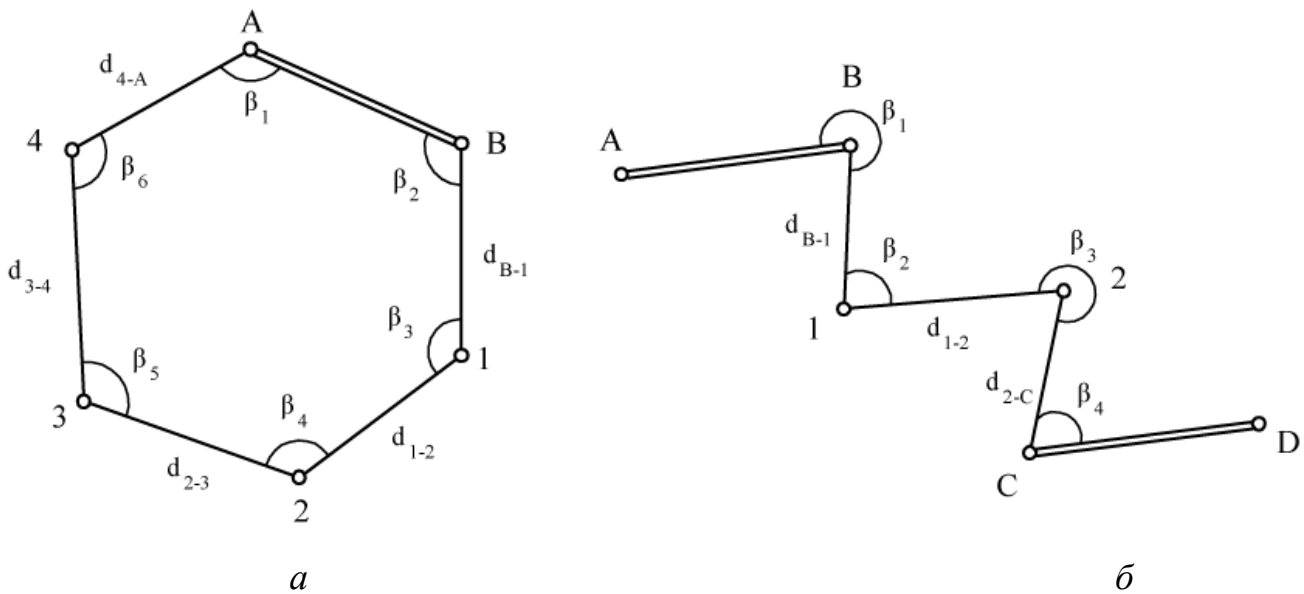


Рисунок 2.1 – Теодолітний хід:

а – замкнений; б – розімкнений

Вибір точок теодолітного ходу виконують у польових умовах. При цьому дотримуються наступних вимог.

1. Потрібно забезпечити гарну видимість суміжних точок ходу і якомога більшої кількості об'єктів місцевості в радіусі 100 – 150 м.
2. Місце навколо станції має бути зручним для встановлення теодоліта.
3. Необхідно потурбуватись про довгострокове збереження точки.
4. Довжини ліній теодолітного ходу мають бути в межах 40 – 350 м.

5. Лінії між точками мусять проходити по місцевості, найбільш зручній для виконання лінійних вимірювань.

Просторове положення (координати) станцій теодолітного ходу визначають на основі кутових і лінійних вимірювань. Горизонтальні кути вимірюють теодолітом повним прийомом, кути нахилу вимірюють при одному положенні вертикального круга. Довжини ліній вимірюють мірними стрічками в прямому і зворотному напрямках.

2.1.3 Математична обробка результатів вимірювань у теодолітному ході

Математична обробка результатів вимірювань у теодолітному ході полягає у визначенні допустимих нев'язок кутових і лінійних вимірювань, введенні поправок в результати вимірювань та обчисленні координат точок теодолітного ходу. Математичну обробку виконують в координатній відомості (табл. 2.1) в такій послідовності.

1. Обчислюють суму виміряних кутів за формулою

$$\sum \beta_{вим} = \beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n . \quad (2.1)$$

2. Обчислюють теоретичну суму кутів замкненого ходу за формулою

$$\sum \beta_T = 180 \cdot (n - 2), \quad (2.2)$$

де n – кількість кутів у полігоні.

Для розімкненого ходу за формулою

$$\sum \beta_T = \alpha_0 - \alpha_n + 180^\circ \cdot n, \quad (2.3)$$

де α_0 – дирекційний кут початкової лінії теодолітного ходу;

α_n – дирекційний кут кінцевої лінії теодолітного ходу;

n – число кутів в теодолітному ході.

3. Обчислюють кутову нев'язку

$$f_\beta = \sum \beta_{вим} - \sum \beta_T . \quad (2.4)$$

4. Обчислюють гранично допустиму кутову нев'язку за формулою

$$f_{дон} = \pm 2t \cdot \sqrt{n} , \quad (2.5)$$

де t – точність теодоліта.

Якщо кутова нев'язка не перевищує гранично допустиму, то виконують зрівнювання результатів вимірювань. В протилежному випадку виконують повторні вимірювання.

Таблиця 2.1 – Координатна відомість

№ вершин	Внутрішні кути полігону					Сторони	Дирекційні кути		Довжина лінії	Розраховані прирости				Виправлені прирости		Координати				№ вершин
	виміряні		поп-равка	виправлені			о	’		ΔX	поправ-ки	ΔY	поправ-ки	ΔX	ΔY	±	X	±	Y	
	о	’	’	о	’															
1	81	44	-0.3	81	43.7	1-2	70	00.0	48.28	16.51	0	45.37	0	16.51	45.37	+	488.15	+	605.75	1
2	90	05	-0.3	90	04.7	2-3	159	55.3	59.77	-56.14	0	20.52	0	-56.14	20.52	+	504.66	+	651.12	2
3	270	27	-0.3	270	26.7											+	448.52	+	671.64	3
4	93	12	-0.3	93	11.7	3-4	69	28.6	69.17	24.25	0	64.78	0	24.25	64.78	+	472.78	+	736.42	4
						4-5	156	16.9	48.64	-44.53	0	19.56	0	-44.53	19.56	+	428.25	+	755.98	5
5	87	37	-0.3	87	36.7	5-6	248	40.2	104.72	-38.09	0.01	-97.55	0	-38.08	-97.55	+	390.17	+	658.43	6
6	96	57	-0.5	96	56.5	6-1	331	43.7	111.25	97.98	0.01	-52.69	0.01	97.99	-52.68	+	488.15	+	605.75	1
1																				
ΣβΠ= 720° 02.0’								441.83	$f_X = -0.02$	0.02	$f_Y = -0.01$	0.01	0	0						
ΣβI= 180*(n-2) = 720° 00’																				
$f_{\beta} = \Sigma \beta_{\Pi} - \Sigma \beta_I = 0^{\circ}02$								$\delta_X = \frac{-f_X}{P} \cdot d$	$f_{abc} = \sqrt{(-0.02)^2 + (-0.01)^2} \approx 0.02$											
$f\beta_{don} = \pm 1' \sqrt{n} = 0^{\circ}02.4’$								$\delta_Y = \frac{-f_Y}{P} \cdot d$	$f_{\epsilon idn} = \frac{f_{ABC}}{P} = \frac{0.02}{441.83} = \frac{1}{22092} \leq \frac{1}{2000}$											

5. Обчислюють поправки до кожного виміряного кута за формулою

$$v_{\beta} = -\frac{f_{\beta}}{n}. \quad (2.6)$$

6. Обчислюють зрівняні кути за формулою

$$\beta_{зр} = \beta_{вим} + v_{\beta}. \quad (2.7)$$

7. Обчислюють дирекційні кути сторін теодолітного ходу

$$\alpha_{n+1} = \alpha_n + \beta_n - 180 \quad (\text{для лівих кутів}), \quad (2.8)$$

$$\alpha_{n+1} = \alpha_n - \beta_n + 180 \quad (\text{для правих кутів}).$$

8. Обчислюють прирости координат за формулами

$$\Delta X = \cos \alpha \cdot d \quad (2.9)$$

$$\Delta Y = \sin \alpha \cdot d$$

9. Обчислюють нев'язки в приростах координат за формулами

$$f_X = \sum \Delta X_{\phi} - \sum \Delta X_T; \quad (2.10)$$

$$f_Y = \sum \Delta Y_{\phi} - \sum \Delta Y_T.$$

де $\sum \Delta X_T$ і $\sum \Delta Y_T$ – теоретичні суми приростів координат, які для розімкненого ходу обчислюють як різниці абсцис і ординат кінцевої і початкової точок ходу, тобто

$$\sum \Delta X_T = X_{\text{кон}} - X_{\text{поч}}; \quad (2.11)$$

$$\sum \Delta Y_T = Y_{\text{кон}} - Y_{\text{поч}}.$$

Для замкненого ходу

$$\sum \Delta X_T = 0;$$

$$\sum \Delta Y_T = 0.$$

10. Обчислюють абсолютну нев'язку теодолітного ходу за формулою

$$f_{абс} = \sqrt{f_X^2 + f_Y^2}. \quad (2.12)$$

11. Обчислюють відносну нев'язку теодолітного ходу за формулою

$$f_{відн} = \frac{f_{абс}}{\sum d} \quad (2.13)$$

Обчислена відносна нев'язка ходу не має перевищувати величини, яка дорівнює 1:2000.

12. Обчислюють поправки до приростів координат за формулами

$$v_X = -\frac{f_{\Delta X}}{\sum d} \cdot d_i, \quad (2.14)$$

$$v_Y = -\frac{f_{\Delta Y}}{\sum d} \cdot d_i.$$

13. Обчислюють зрівняні прирости координат за формулами

$$\Delta X_{зр} = \Delta X + v_X, \quad (2.15)$$

$$\Delta Y_{зр} = \Delta Y + v_Y.$$

14. Обчислюють координати точок теодолітного ходу:

$$X_{n+1} = X_n + \Delta X_{зр}, \quad (2.16)$$

$$Y_{n+1} = Y_n + \Delta Y_{зр}.$$

Отримані таким чином координати використовують для нанесення точок теодолітного ходу на топографічний план..

2.2 Нівелірні ходи

2.2.1 Призначення і класифікація нівелірних мереж

Державна нівелірна мережа України – це головна висотна основа топографічного знімання і геодезичних вимірювань для потреб економіки і оборони країни. Вона створюється методом геометричного нівелювання з початком відліку від нуля Кронштадтського футштока і включає нівелірні мережі I, II, III, IV класів та технічне нівелювання.

Нівелірна мережа I і II класів – головна висотна основа, що створює єдину систему висот на всій території України. Вона призначена для вивчення сучасних вертикальних рухів земної кори, визначення різниці висот морів і океанів та інших наукових завдань геодезії. Лінії нівелювання I і II класів прокладають вздовж узбережжя морів і океанів, великих озер і рік, шосейних доріг державного значення і залізниць.

Нівелірна мережа I класу будується у вигляді полігонів з периметром 3000 - 4000 км, зв'язаних між собою у загальну систему. Точність нівелювання I класу складає $\pm 0,5$ мм на 1 км ходу. Нівелювання повторюють за тими ж лініям через кожні 25 років.

Нівелірна мережа II класу складається з ходів і полігонів, що спираються на реperi нівелювання I класу. Периметри полігонів досягають 500 - 600 км. Гранично допустиму нев'язку в ходах нівелювання II класу визначають за формулою

$$f_h = 5 \text{ мм} \cdot \sqrt{L}, \quad (2.17)$$

де L – довжина ходу або периметр полігона (км).

Нівелірні мережі III і IV класів призначені для забезпечення висотним обґрунтуванням топографічних зйомок усіх масштабів і розв'язання низки інженерних задач. Ці мережі прокладають всередині полігонів вищих класів. Згущення мереж роблять за принципом переходу від загального до часткового: перший клас згущають другим, другий – третім, а третій – четвертим.

Лінії нівелювання всіх класів закріплюють на місцевості постійними знаками не рідше ніж через 5 км. Розрізняють такі типи знаків.

- ґрунтовий репер,
- скельний репер,
- стінний репер (стінна марка).

Кожен нівелірний знак має свій індивідуальний номер, що не повторюється на даній лінії.

Нівелірні мережі III класу будують у вигляді окремих ходів і систем, що утворюють 6 - 9 полігонів усередині полігона II класу. Граничний периметр – 150 - 200 км, а в районах топографічних зйомок масштабу 1:5000 і крупніше – 60 км. Гранично допустиму нев'язку в ходах нівелювання III класу визначають за формулою

$$f_h = 10 \text{ мм} \cdot \sqrt{L}. \quad (2.18)$$

Нівелювання IV класу виконують у вигляді ходів і полігонів, периметр яких не перевищує 50 км. Гранично допустиму нев'язку в ходах нівелювання IV класу визначають за формулою

$$f_h = 20 \text{ мм} \cdot \sqrt{L}. \quad (2.19)$$

Подальше згущення нівелірної мережі I, II, III і IV класів виконують геометричним (технічним) або тригонометричним нівелюванням.

Технічне нівелювання виконують у вигляді окремих ходів або мереж, які повинні спиратися на вихідні репери і марки. Гранично допустиму нев'язку в ходах технічного нівелювання визначають за формулою

$$f_h = 50 \text{ мм} \cdot \sqrt{L}. \quad (2.20)$$

У процесі технічного нівелювання попутно нівелюють окремі стійкі по висоті предмети місцевості: голівки рейок, кришки колодязів, а також відмітки дна балок і ярів, урізи води. Усі ці точки включають у хід в якості проміжних.

2.2.2 Математична обробка результатів вимірювань у нівелірному ході

Математичну обробку результатів вимірювань у нівелірному ході розглянемо на прикладі технічного нівелювання. Її послідовності наступна.

1. Обчислюють перевищення за основною і допоміжною шкалам рейок на кожній станції за формулами:

$$\begin{aligned}h^0 &= u_3^0 - u_{\Pi}^0; \\ h^A &= u_3^A - u_{\Pi}^A;\end{aligned}\tag{2.21}$$

де h^0 – перевищення за основною шкалою рейки;

h^A – перевищення за додатковою шкалою рейки;

u_3^0 – відлік за основною шкалою задньої рейки;

u_{Π}^0 – відлік за основною шкалою передньої рейки;

u_3^A – відлік за додатковою шкалою задньої рейки;

u_{Π}^A – відлік за додатковою шкалою передньої рейки.

Результати обчислень заносять до журналу технічного нівелювання (табл. 2.2, колонки 7 і 8, відповідно).

2. Виконують контроль правильності знімання відліків на станціях за різницями перевищень ($\Delta h = h^0 - h^A$) між зв'язуючими точками. Різниці отриманих значень перевищень не повинні бути більшими ніж 5 мм. Якщо умова виконується, обчислюють середнє перевищення за формулою

$$h^{cp} = \frac{h^0 + h^A}{2}\tag{2.22}$$

Отримані значення середніх перевищень заокруглюють до цілих міліметрів. Результати обчислень заносять до табл. 2.2 (колонка 9).

3. Виконують посторінковий контроль, обчислюючи:

$\sum u_3$ – суму відліків по заднім рейкам;

$\sum u_{\Pi}$ – суму відліків по переднім рейкам;

$\sum(h^0 + h^A)$ – суму перевищень по основним і додатковим шкалам;

$\sum h^{cp}$ – суму середніх перевищень.

Повинні виконуватись наступні співвідношення .

$$\sum u_3 - \sum u_{\Pi} = \sum(h^0 + h^A);\tag{2.23}$$

$$\frac{1}{2}\sum(h^0 + h^A) = \sum h^{cp}.$$

Допустима розбіжність 1-2 мм.

4. Обчислюють суму середніх перевищень між зв'язуючими точками ходу за формулою

$$\sum h^{cp} = h_1 + h_2 + \dots + h_n,\tag{2.24}$$

де $h_1 + h_2 + \dots + h_n$ – середні перевищення між зв'язуючими точками.

Таблиця 2.2 – Відомість технічного нівелювання

№ станції	Назва точки			Відліки по шкалі рейки, мм		Перевищення виміряне, мм			Поправка v_h , мм	Перевищення виправлене h^e , мм	Висота точки H , м	Висота променя візування H^{vis} , м
	зв'язуюча		проміжна	основний	допоміжний	по основній шкалі	по допоміжній шкалі	середнє				
	задня	передня										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Рп 20			2015	6799						60.124	
		ПК0		2867	7653	-0852	-0854	-0853	2	-0851	59.273	
2	ПК0			1366	6149						59.273	
		ПК1		1109	5889	0257	0260	0258	1	0259	59.532	
3	ПК1			1836	7080						59.532	61.368
		ПК2		1326	6566	0510	0514	0512	1	0513	60.045	
			ПК1+35	2617							58.751	
			ПК1+70	0988							60.380	
4	ПК2			0345	5129						60.045	
		ПК2+40		2861	7648	-2516	-2519	-2518	1	-2517	57.528	
5	ПК2+40			1344	6127						57.528	
		ПК3		2477	7262	-1133	-1135	-1134	1	-1133	56.395	
6	ПК3			0481	5264						56.395	56.876
		ПК4		2821	7605	-2340	-2341	-2340	1	-2339	54.056	
			ПК3+80	2955							53.921	
7	ПК4			1888	6672						54.056	
		Рп 21		0647	5429	1241	1243	1242	1	1243	55.299	
Загальний контроль: $\sum u_3 = 52495$ $\sum u_n = 62160$ $\frac{1}{2} (\sum u_3 - \sum u_n) = -4833$						$\frac{1}{2} \sum (h^o + h^d) =$ -4833		$\sum h^{cp} =$ -4833	$\sum v_h =$ 8	$\sum h^e =$ -4825	$\sum h^m =$ -4825	

5. Обчислюють теоретичну суму перевищень в нівелірному ході за формулою

$$\sum h^T = H_K + H_H, \quad (2.25)$$

де H_K – висота кінцевого реперу;

H_H – висота початкового реперу.

Результат заносять до табл. 2.2 (колонка 12, нижній рядок).

6. Обчислюють нев'язку в нівелірному ході за формулою

$$f_h = \sum h^{cp} - \sum h^T. \quad (2.26)$$

7. Обчислюють гранично допустиму нев'язку в нівелірному ході. Для технічного нівелювання гранично допустиму нев'язку обчислюють за формулою (2.20).

Якщо фактична нев'язка (за модулем) не перевищує гранично допустиму, то її розподіляють між всіма середніми перевищеннями у вигляді поправок. Якщо $|f_h| > f_{don}$, то допущена помилка в підрахунках, їх необхідно повторити. Якщо помилок не виявлено, то виконують повторні вимірювання.

8. Обчислюють поправки в кожне середнє перевищення з точністю за формулою

$$v_h = -\frac{f_h}{n}, \quad (2.27)$$

де n – кількість середніх перевищень в ході.

Поправки заносять до табл. 2.2 (колонка 10).

Контроль: сума обчислених поправок повинна дорівнювати нев'язці з протилежним знаком

$$\sum v_h = -f_h. \quad (2.28)$$

9. Обчислюють виправлені перевищення за формулою

$$h^B = h^{cp} + v_h, \quad (2.29)$$

Результати заносять до табл. 2.2 (колонка 11).

Контролем обчислення виправлених перевищень є виконання рівності

$$\sum h^B = \sum h^T. \quad (2.30)$$

10. Обчислюють висоти зв'язуючих точок. Обчислення виконують за правилом: висота наступної точки H_{i+1} дорівнює висоті попередньої точки H_i плюс виправлене перевищення між ними h_i^B , тобто

$$H_{i+1} = H_i + h_i^B. \quad (2.31)$$

Результати обчислень заносять до табл. 2.2 (колонка 12). Контролем обчислень є отримання точного значення висоти кінцевого репера H_{Pn21} .

11. Обчислюють висоту променя візування за формулою

$$H^{пв} = H_i + u_i^0, \quad (2.32)$$

де H_i – висота точки;

u_i^0 – відлік за основною шкалою рейки, встановленої на даній точці.

Висоту променя візування обчислюють лише на тих станціях, де виконувалось нівелювання проміжних точок.

Результати обчислень заносять до табл. 2.2 (колонка 13).

12. Обчислюють висоти проміжних точок за формулою

$$H_i = H^{пв} - u_i^0, \quad (2.33)$$

Результати обчислень заносять до табл. 2.2 (колонка 12).

2.3 Розв'язання геодезичних засічок

2.3.1 Способи створення прямокутної системи координат

Система прямокутних координат на площині може бути створена трьома способами.

1 спосіб. Фіксують центр системи – точку О. Проводять вісь ОХ і вказують її додатній напрямок. Перпендикулярно до осі ОХ проводять вісь ОУ і вказують її додатній напрямок. Задають масштаб координат вздовж осей.

За наявності координатних осей для визначення координат точки С необхідно спочатку опустити перпендикуляри з цієї точки на координатні осі, потім виміряти їх довжину. Довжина перпендикуляру до осі ОХ дорівнює координаті У, довжина перпендикуляру до осі ОУ – координаті Х (рис. 2)

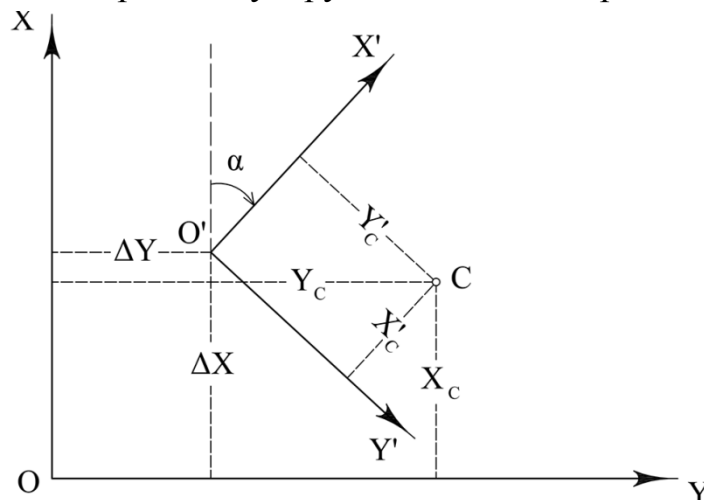


Рисунок 2.2 – Система прямокутних координат

Окрім системи XOY можливо застосувати систему X'Y'O', яку отримують із системи XOY перенесенням початку координат в точку O' і поворотом координатних осей за ходом годинникової стрілки на кут α . Перехід від XOY до X'Y'O' виконують за формулами

$$X'_C = (X_C - \Delta X) \cdot \cos\alpha + (Y_C - \Delta Y) \cdot \sin\alpha, \quad (2.34)$$

$$Y'_C = -(X_C - \Delta X) \cdot \sin\alpha + (Y_C - \Delta Y) \cdot \cos\alpha.$$

Для зворотного переходу користуються формулами

$$X_C = \Delta X + X'_C \cdot \cos\alpha - Y'_C \cdot \sin\alpha, \quad (2.35)$$

$$Y_C = \Delta Y + X'_C \cdot \sin\alpha - Y'_C \cdot \cos\alpha,$$

2 спосіб. Проводять дві перпендикулярні одна до одної системи паралельних ліній – відстані між лініями однакові. Вважають, що ці лінії паралельні координатним осям. Для кожної лінії підписують значення відповідної координати, таким чином отримують координатну сітку.

3 спосіб. Вказують числові значення координат двох зафіксованих точок.

Перший спосіб є загальноприйнятим. В геодезії цим способом задають зональну систему прямокутних координат Гауса – Крюгера.

На топографічних картах і планах систему прямокутних координат Гауса – Крюгера задають другим способом.

На місцевості систему прямокутних координат задають третім способом – завжди можна відшукати декілька геодезичних пунктів з відомими координатами і визначити відносно них положення нових точок.

На площині можливо вимірювати кути і відстані. Кут фіксують трьома точками: одна з них – вершина кута, дві інші фіксують напрямки першою і другої сторін кута. У найпростішому випадку хоча б одна з трьох точок не має координат, тобто є шуканою. У загальному випадку шуканими можуть бути одна, дві або всі три точки. Відстань фіксують двома точками. У загальному випадку шуканими можуть бути одна або дві точки.

Розглянемо найпростіший випадок, коли вимірювання кута або відстані виконують для визначення координат однієї точки. Оскільки при вимірюванні кута шукана точка може бути розташована у вершині кута або на одній із його сторін, то на площині мають місце три різних вимірювання, які називають **елементарними**.

1. Вимірюють кут β на пункті А з відомими координатами X_A , Y_A між напрямком з відомим дирекційним кутом α_{AB} і напрямком на шукану точку Р (рис. 2.3)

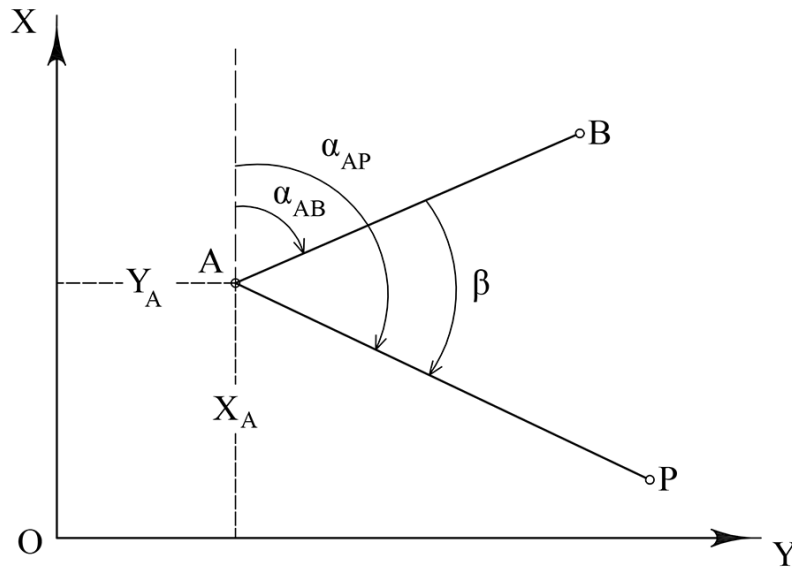


Рисунок 2.3 – Схема вимірювання кута β

Дирекційний кут α_{AP} напрямку AP отримують за формулою

$$\alpha_{AP} = \alpha_{AB} + \beta. \quad (2.36)$$

Для прямої AP, яку називають лінією положення точки P, можна записати рівняння в системі XOY

$$Y - Y_A = \operatorname{tg} \alpha \cdot (X - X_A). \quad (2.37)$$

В цьому рівнянні X і Y – координати будь-якої точки прямої, у тому числі і точки P; α – дирекційний кут прямої. Але для визначення двох координат точки P одного рівняння недостатньо.

2. Вимірюють відстань S від пункту A з відомими координатами X_A , Y_A до шуканої точки P.

З курсу геометрії відомо, що точка P знаходиться на колі радіусу S з центром в точці A (рис. 2.4). Рівняння кола має вигляд

$$(X - X_A)^2 + (Y - Y_A)^2 = S^2. \quad (2.38)$$

В цьому рівнянні X і Y – координати будь-якої точки кола, у тому числі і точки P, але для визначення двох координат точки P одного рівняння недостатньо.

3. Вимірюють кут β на шуканій точці P між напрямками на два пункти з відомими координатами.

Координати X і Y точки P можна визначити із розв'язання двох рівнянь. Тому, взявши будь-яку комбінацію з трьох вимірювань по два, отримаємо найпростіші способи визначення координат точки, які називають *геодезичними засічками*.

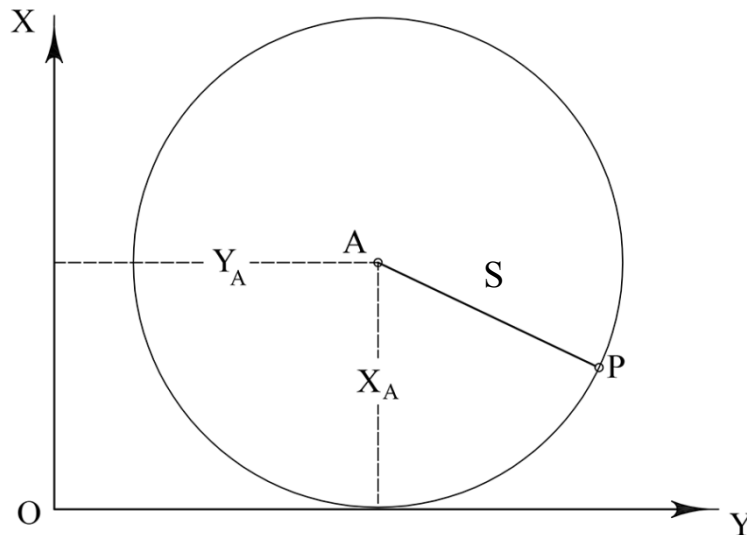


Рисунок 2.4 – Лінія положення точки P

- Два рівняння типу (2.37) – пряма кутова засічка.
- Два рівняння типу (2.38) – лінійна засічка.
- Одне рівняння типу (2.37) і одне рівняння типу (2.38) – полярна засічка.
- Два вимірювання кутів на шуканій точці – зворотна кутова засічка.

Інші комбінації вимірювань називають комбінованими засічками. Засічки можна розв'язувати на різноманітних кресленнях графічним способом. Аналітичний спосіб розв'язання засічок це обчислення координат шуканої точки, яке може бути виконано через:

- розв'язання системи двох рівнянь, які відповідають виконаним вимірюванням;
- розв'язання трикутника, вершинами якого є два вихідних пункти і шукана точка (спосіб трикутника).

В будь-якій геодезичній побудові виділяють три типи даних.

1. Вихідні дані, які найчастіше приймають умовно безпомилковими.
2. Вимірювані елементи, кожний з яких супроводжується середньою квадратичною похибкою.
3. Невідомі (або шукані) елементи, які визначають за спеціально розробленим алгоритмом. Їх значення отримують з деякою похибкою, що залежить від похибок вимірювань і геометрії даної побудови.

2.3.2 Полярна засічка

В полярній засічці вихідними даними є координати пункту A і дирекційний кут напрямку AB, вимірюваними елементами є горизонтальний кут β (із

середньою квадратичною похибкою m_β) і відстань S (відносна похибка його вимірювання $m_S/S = 1/T$), невідомі елементи – координати X, Y точки P (рис. 2.5).

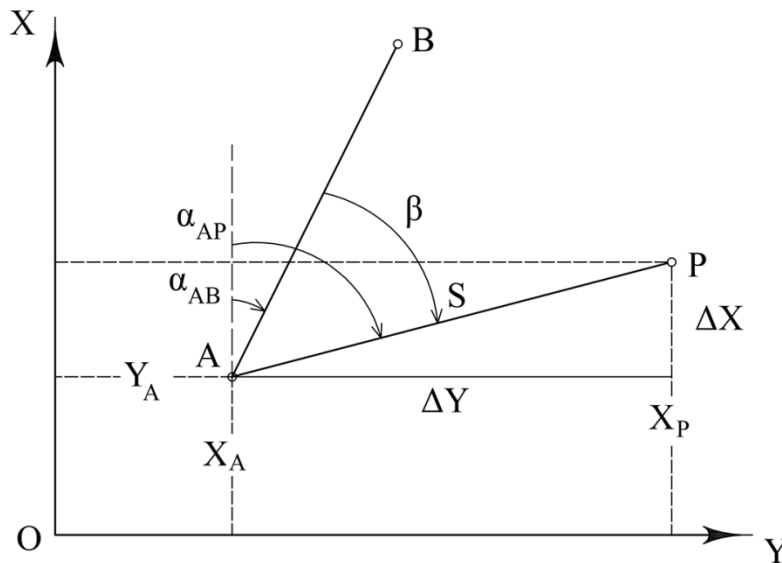


Рисунок 2.5 – Полярна засічка

Графічне розв'язання.

- Від напрямку AB відкласти транспортиром кут β .
- Провести пряму лінію AP .
- Із пункту A побудувати дугу радіусом S в масштабі креслення.
- Точка перетину прямої і дуги є шуканою точкою P .

Аналітичне розв'язання.

Дирекційний кут лінії AP знаходять за формулою (2.36). Беремо комбінацію рівнянь лінії AP (формула 2.37) і кола радіусом S навколо пункту A (формула 2.38).

Для визначення координат X, Y точки P необхідно розв'язати ці два рівняння сумісно як систему. Підставляємо значення $(Y - Y_A)$ із першого рівняння в друге та винесемо за дужки $(X - X_A)^2$:

$$(X - X_A)^2(1 + tg^2 \alpha_{AP}) = S.$$

Вираз $(1 + tg^2 \alpha_{AP})$ міняємо на $(1/\cos^2 \alpha_{AP})$ і отримаємо:

$$(X - X_A)^2 = S^2 \cdot \cos^2 \alpha_{AP}.$$

Звідки:

$$X - X_A = S \cdot \cos \alpha_{AP}$$

Підставимо це значення в рівняння (2.37) і отримаємо

$$Y - Y_A = S \cdot \sin \alpha_{AP}$$

Різниці координат $(X - X_A)$ і $(Y - Y_A)$ називають приростами і позначають ΔX і ΔY . Таким чином, полярну засічку розв'язують за формулами:

$$\alpha_{AP} = \alpha_{AB} + \beta.$$

$$\begin{aligned}\Delta X &= S \cdot \cos \alpha_{AP}; \quad \Delta Y = S \cdot \sin \alpha_{AP}; \\ X &= X_A + \Delta X; \quad Y = Y_A + \Delta Y.\end{aligned}\quad (2.39)$$

2.3.3 Пряма і зворотна геодезичні задачі

В геодезії є дві стандартні задачі: пряма і зворотна. **Пряма геодезична задача** це обчислення координат X_2 , Y_2 наступного пункту за відомими координатами попереднього пункту X_1 , Y_1 , дирекційним кутом α_{1-2} і довжиною лінії S , що з'єднує ці пункти.

Пряма геодезична задача є частиною полярної засічки, і формули для її розв'язання беруть із набору формул (2.39)

$$X_2 = X_1 + S \cdot \cos \alpha_{1-2}; \quad Y_2 = Y_1 + S \cdot \sin \alpha_{1-2}.$$

Обернена геодезична задача це обчислення дирекційного кута α і довжини лінії S , що з'єднує два пункти з відомими координатами X_1 , Y_1 і X_2 , Y_2 (рис. 2.6).

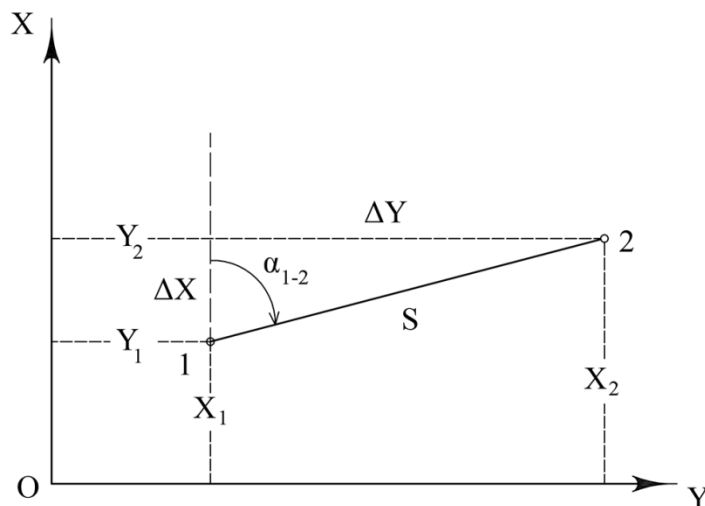


Рисунок 2.6 – Геометрична схема оберненої геодезичної задачі

Спочатку обчислюють румб лінії за формулою:

$$r = \arctg \frac{\Delta Y_{1-2}}{\Delta X_{1-2}} = \arctg \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1}. \quad (2.40)$$

Далі за знаками приростів визначають чверть, в якій знаходиться румб (табл. 2.3), і обчислюють значення дирекційного куту за формулами

I чверть (ПнС): $r = \alpha$; $\alpha = r$.

II чверть (ПдС): $r = 180^\circ - \alpha$; $\alpha = 180^\circ - r$.

III чверть (ПдЗ): $r = \alpha - 180^\circ$; $\alpha = r + 180^\circ$.

IV чверть (ПнЗ): $r = 360^\circ - \alpha$; $\alpha = 360^\circ - r$.

Таблиця 2.3 – Знаки приростів координат

I четверть	II четверть	III четверть	IV четверть
$+\Delta Y$	$+\Delta Y$	$-\Delta Y$	$-\Delta Y$
$+\Delta X$	$-\Delta X$	$-\Delta X$	$+\Delta X$

Довжину лінії обчислюють за теоремою Піфагора:

$$S = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2} . \quad (2.41)$$

2.3.4 Пряма кутова засічка

Розглянемо загальний випадок прямої кутової засічки, коли кути β_1 , β_2 виміряні на двох пунктах з відомими координатами, кожний від свого напрямку з відомим дирекційним кутом (рис. 2.7).

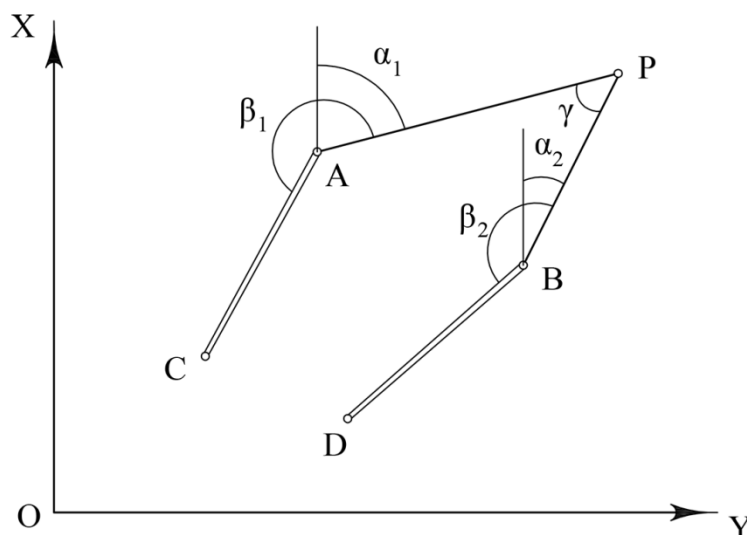


Рисунок 2.7 – Геометрична схема прямої кутової засічки

Вихідні дані: X_A , Y_A , X_B , Y_B , α_{AC} , α_{BD} .

Вимірювані елементи: β_1 , β_2 .

Невідомі елементи: X_P , Y_P .

Якщо α_{AC} , α_{BD} невідомі, їх отримують із розв'язання зворотної геодезичної задачі між пунктами A, C і B, D.

Графічне розв'язання. Від напрямку AC відкладають за допомогою транспорту кут β_1 і проводять пряму AP. Від напрямку BD відкладають кут β_2 і проводять пряму BP. Точка перетину двох прямих є шуканою точкою P.

Аналітичне розв'язання. Спочатку обчислимо дирекційні кути ліній AP і BP за формулами

$$\alpha_{AP} = \alpha_{AC} + \beta_1;$$

$$\alpha_{BP} = \alpha_{BD} + \beta_2.$$

Запишемо два рівняння прямих для ліній AP і BP:

$$Y_P - Y_A = tg\alpha_1 \cdot (X_P - X_A).$$

$$Y_P - Y_B = tg\alpha_2 \cdot (X_P - X_B).$$

Розв'язуємо систему двох рівнянь і обчислюємо невідомі координати X_P , Y_P .

$$X_P = X_A + \frac{(Y_B - Y_A) - (X_B - X_A) \cdot tg\alpha_2}{tg\alpha_2 - tg\alpha_1}, \quad (2.42)$$
$$Y_P = Y_A + (X_P - X_A) \cdot tg\alpha_1.$$

2.4. Топографічне знімання

2.4.1 Види топографічного знімання

Топографічним зніманням називають сукупність геодезичних вимірювань, які виконують з метою побудови карт і планів місцевості. Залежно від методів і приладів, які застосовують, розрізняють такі види знімання:

1. Теодолітне (горизонтальне) знімання;
2. Тахеометричне знімання;
3. Мензульне знімання;
4. Фототеодолітне знімання;
5. Аерофотознімання;
6. Космічне знімання.

Процес теодолітного (горизонтального) і тахеометричного знімання місцевості можна розділити на такі етапи.

1. *Підготовчий етап.* Вивчають існуючі плани та карти для певної території. Закріплюють точки планово-висотної знімальної основи. Складають схеми ходів і їх прив'язки до пунктів геодезичної мережі.
2. *Польові роботи.* Виконують необхідні вимірювання на місцевості з обов'язковим контролем.
3. *Камеральні роботи.* Виконують зрівнювання результатів польових вимірювань. Обчислюють шукані величини. Креслять план місцевості в заданому масштабі.

2.4.2 Теодолітне (горизонтальне) знімання

Теодолітне знімання виконується відносно точок і ліній планово-висотної зйомочної основи наступними способами.

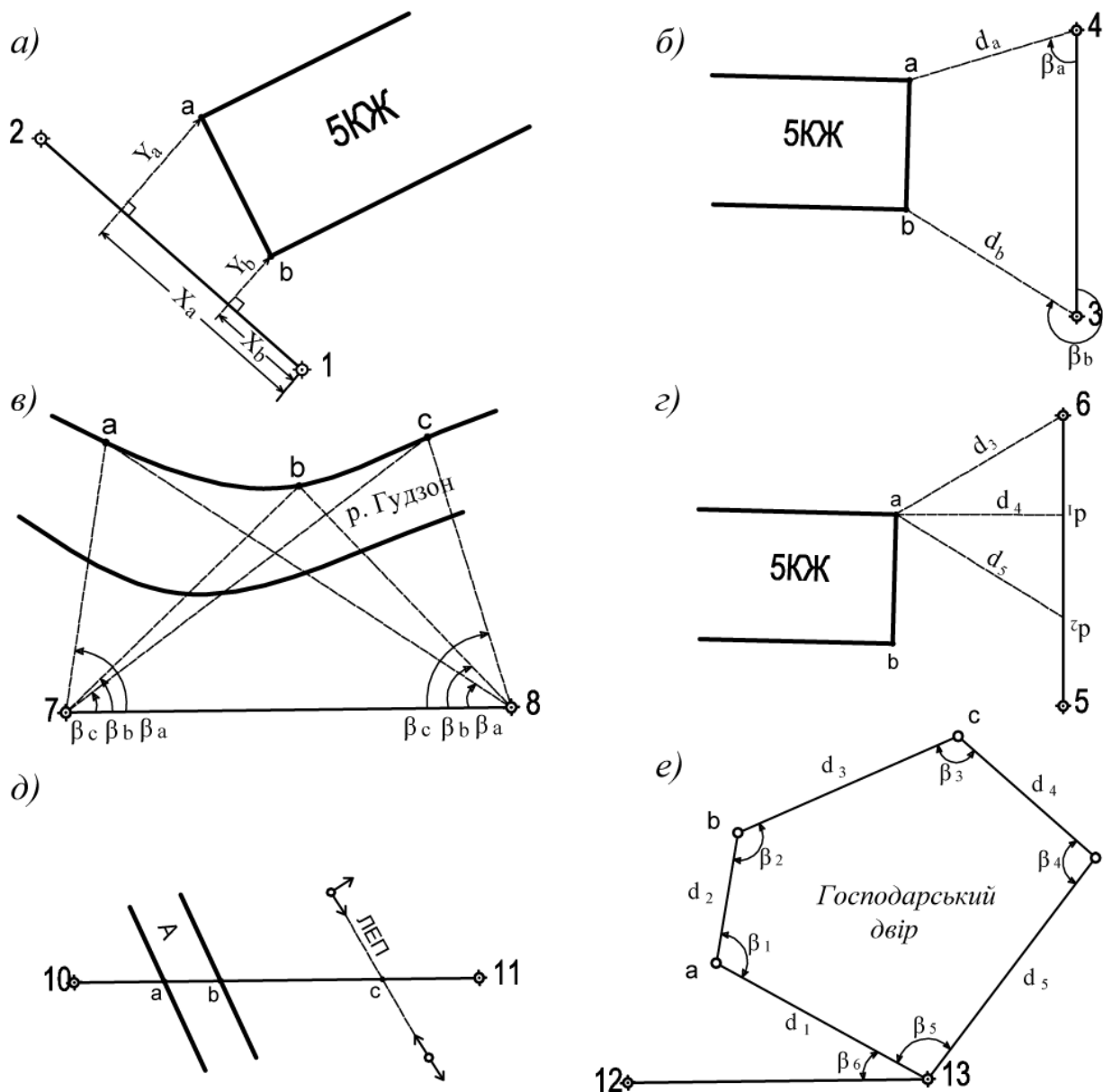


Рисунок 2.8 – Способи теодолітного знімання:
 а – спосіб перпендикулярів; б – полярний спосіб;
 в – спосіб кутових засічок; г – спосіб лінійних засічок;
 д – спосіб створів; е – спосіб обходу.

1. *Спосіб перпендикулярів.* Застосовують при зніманні предметів і контурів місцевості, розташованих вздовж та поблизу ліній теодолітного ходу. Положення точок визначається абсцисою X і ординатою Y (рис. 2.8 а), які вимірюють рулеткою з точністю 0.01 м до твердих контурів і 0.1 м – до нетвердих контурів (контур лісу, болота, берег річки і т.п.).

2. *Полярний спосіб.* Застосовують на відкритій місцевості. Положення точок визначається кутом β і полярною відстанню d (рис. 2.8 б). Кут вимірюють

теодолітом при одному положенні вертикального круга, відстань вимірюють рулеткою.

3. *Спосіб кутових засічок.* Застосовують при зніманні віддалених і важкодоступних об'єктів. Для визначення положення точки з двох станцій вимірюють два кути β між лінією теодолітного ходу і направленням на дану точку (рис. 2.8 в).

4. *Спосіб лінійних засічок.* Застосовують при зніманні об'єктів з чіткими контурами, коли відстань до точок не перевищує довжини приладу для вимірювання. Для визначення положення точки *a* (рис. 2.8 г) рулеткою вимірюють відстані d_1, d_2, d_3, d_4, d_5 .

5. *Спосіб створів.* Застосовують при зніманні забудованих територій. Суть даного способу полягає у визначенні за допомогою теодоліта і мірної стрічки положення контурів об'єктів, які знаходяться в створі двох точок теодолітного ходу (рис. 2.8 д).

6. *Спосіб обходу.* Застосовують при зніманні недоступних об'єктів, значних за розмірами територій: лісів, боліт і т.д. (рис. 2.8 е).

2.4.2 Тахеометричне знімання

Тахеометрія – в перекладі з грецької означає швидкі вимірювання. Тахеометричне знімання застосовують при складанні планів невеликих територій із зображенням предметів, контурів і форм рельєфу місцевості в масштабах 1:500 – 1:5000.

При тахеометричному зніманні визначають *планове* і *висотне* положення точок місцевості відносно пунктів зйомочної основи. Планове положення визначають полярним способом, а висотне – тригонометричним нівелюванням (рис. 2.9).

При цьому *послідовність роботи на станції* наступна.

1. Теодоліт встановлюють над точкою знімальної основи (станцією), приводять його в робоче положення, тобто центрують і горизонтують.
2. Нуль лімба горизонтального круга орієнтують (встановлюють) на початковий напрям, тобто на суміжну точку знімальної основи.
3. Рулеткою вимірюють з точністю 0.01 м висоту приладу *i*.
4. На схематичному кресленні (абрисі) позначають знімальні пікети, відстань між якими для М 1:500 не має перевищувати 15 м.
5. На нівелірній рейці позначають висоту приладу *i*.
6. Рейку встановлюють на пікет і наводять перехрестя сітки ниток на відмічену на рейці висоту приладу *i*.

7. При положенні вертикального круга зліва визначають віддалемірну відстань L і беруть відлік за горизонтальним і вертикальним кругом теодоліта.
8. Результати вимірювань заносять до журналу тахеометричного знімання (табл. 2.4)

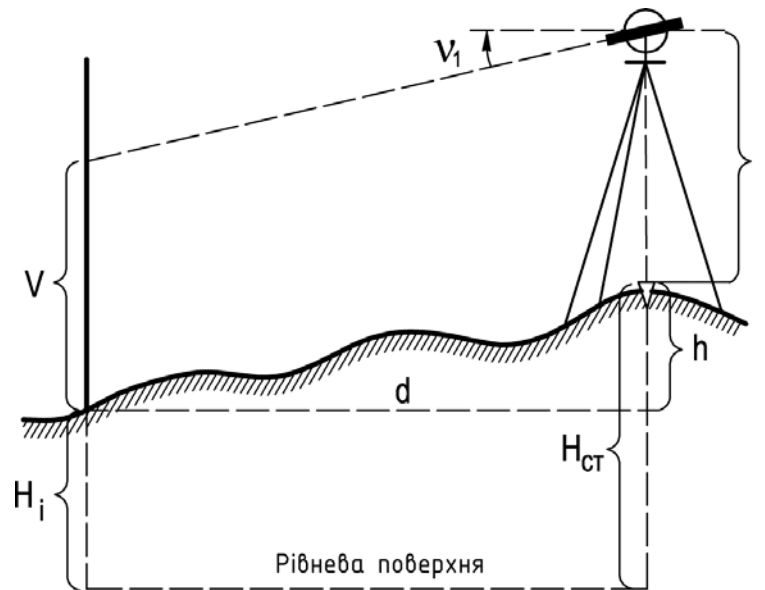


Рисунок 2.9 – Схема тригонометричного нівелювання

Математичну обробку результатів тахеометричного знімання виконують у такій послідовності.

1. Обчислюють кути нахилу v за формулою

$$v = U^{BK} - MO, \quad (2.43)$$

де U^{BK} – відлік за вертикальним кругом теодоліта;

MO – місце нуля.

2. Обчислюють горизонтальне прокладення d за формулою

$$d = L \cdot \cos^2 v, \quad (2.44)$$

де L – віддалемірна відстань;

v – кут нахилу.

3. Обчислюють перевищення знімальних пікетів над станцією h_i за формулою

$$h = d \cdot \operatorname{tg} v + i - V, \quad (2.45)$$

де d – горизонтальне прокладення;

v – кут нахилу;

i – висота приладу;

V – висота наведення променя візування.

4. Обчислюють висоти пікетів H_i за формулою

$$H_i = H_{cm} + h_i, \quad (2.46)$$

де H_{cm} – висота станції;

h_i – перевищення знімального пікету над станцією.

Результати обчислень заносять до відповідних колонок журналу тахеометричного знімання.

Таблиця 2.4 – Журнал тахеометричного знімання

№ знімального пікету	Відстань за віддалеміром L, м	Відлік за ГК $\beta, ^\circ$	Відлік за ВК $\angle_{BK}, ^\circ$	Кут нахилу $\nu, ^\circ$	Горизонтальна відстань d, м	Перевищення h, м	Висота знімального пікету H, м	Примітка
Ст.1	i=1.50 м	МО=360°07'			H = 49.15 м	КЛ= 13°02'		
						КП= 347°11'		
Ст.2		0°00'						
1	56,0	32°10'	355°35'	-4°32'	55,65	-4,41	44,74	V=i
2	40,4	50°35'	355°56'	-4°11'	40,19	-3,94	45,21	V=2.5
3	28,2	87°40'	352°50'	-7°17'	27,75	-2,55	46,60	V=0.5
4	20,5	42°10'	354°05'	-6°02'	20,27	-2,14	47,01	V=i
5	54,3	10°30'	356°36'	-3°31'	54,1	-3,32	45,83	V=i
6	46,0	356°30'	356°37'	-3°30'	45,83	-2,80	46,35	V=i
7	22,0	1°20'	355°42'	-4°25'	21,87	-1,69	47,46	V=i

2.5 Побудова топографічних планів

2.5.1 Побудова координатної сітки

Складання топографічних планів має таку послідовність. Починають складання топографічного плану з побудови координатної сітки. Координатну сітку креслять на аркуші креслярського паперу за допомогою лінійки Дробишева (рис 2.10).

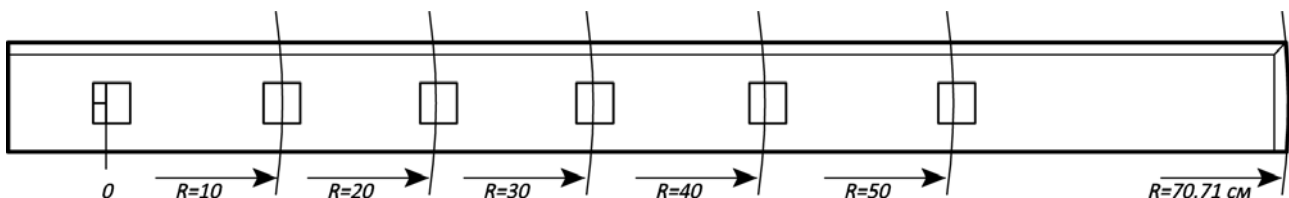


Рисунок 2.10 – Лінійка Дробишева.

Спочатку на папері (рис 2.11 а) проводять лінію, на якій за скошеними краями лінійки позначають рисками точки A і B за $R=50$ см.

Потім приблизно перпендикулярно від точки A з радіусом $R=50$ см проводять штрих біля точки C .

Лінійкою з точки B радіусом $R=70.71$ см роблять засічку по штриху і отримують точку C . Кут $CAB = 90^\circ$, а відповідні відстані – $L_{AB} = 50$ см, а $L_{AC} = 50$ см. Так само з точок B і A визначають положення точки D . Отримують чотирикутник $ABCD$.

Послідовно за допомогою лінійки Дробишева за скошеними краями віконець роблять штрихи через кожні 10 см. З'єднавши їх протилежні позначки, отримують сітку прямокутних координат (рис. 2.11 б).

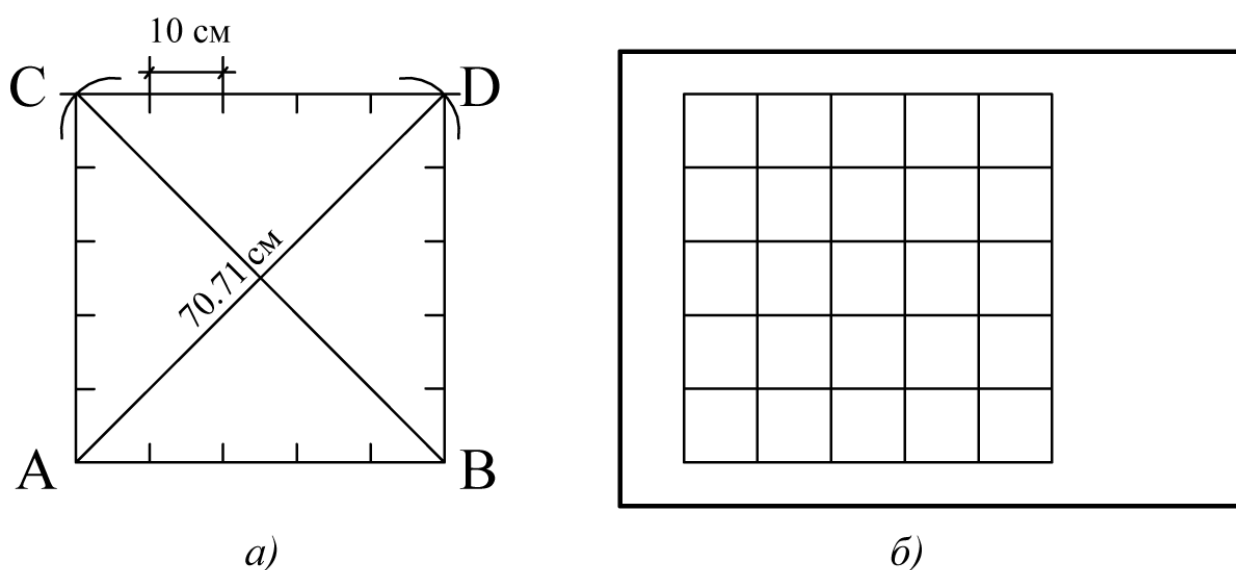


Рисунок 2.11 – Побудова координатної сітки:
а – схема побудови; б – побудована координатна сітка

2.5.2 Нанесення точок теодолітного ходу

Точки теодолітного ходу наносять за прямокутними координатами. Спочатку визначають квадрат, в якому повинна знаходитись дана точка. Наприклад, необхідно нанести на план точку 1 з координатами: $X_1 = 488.18$ м, $Y_1 = 615.77$ м (рис. 2.12). Ця точка розміститься в квадраті зі сторонами: нижня $X_H = 450$ м; верхня $X_B = 500$ м; ліва $Y_L = 600$ м; права $Y_P = 650$ м.

З двох боків цього квадрата за допомогою циркуля-вимірника відкладають уверх залишок абсциси точки 1 над абсцисою нижньої сторони квадрата:

$$X_1 - X_H = 38.18 \approx 38.2 \text{ м}$$

Отримані точки з'єднують за допомогою лінійки тонкою лінією. Потім уздовж цієї лінії вправо відкладають залишок ординати точки *I* над ординатою лівої сторони квадрата:

$$Y_1 - Y_{\text{л}} = 15.77 \approx 15.8 \text{ м}$$

Таким чином визначають положення точки *I* на плані. Її позначають наколом голки циркуля-вимірника і обводять колом діаметром 1.5 мм.

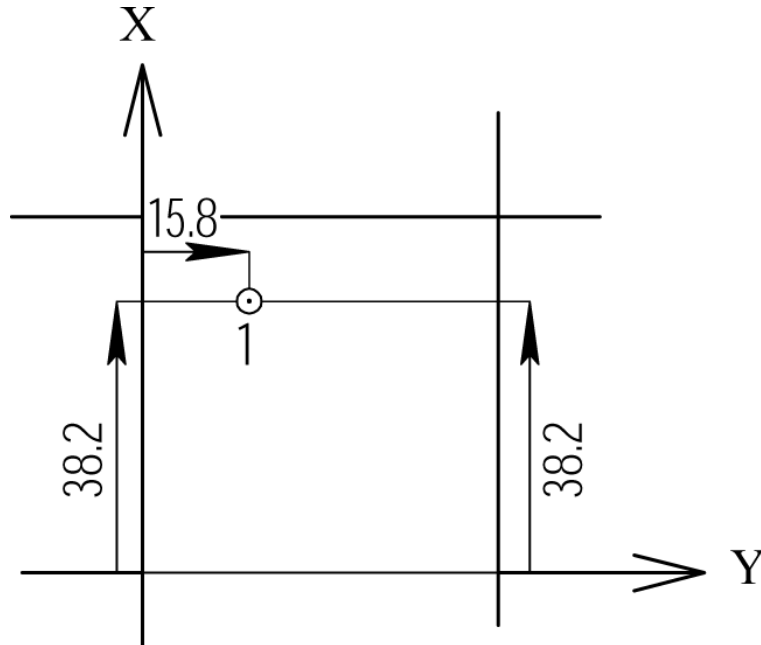


Рисунок 2.12 – Нанесення на план точок теодолітного ходу

2.5.3 Нанесення ситуації.

Нанесення точок тахеометричного знімання виконують за допомогою лінійки і геодезичного транспортира. Центр транспортира сполучають зі станцією знімання. Нульову поділку орієнтують на вихідний напрямок. Відраховують виміряний при зніманні горизонтальний кут між вихідною лінією і напрямком на точку тахеометричного знімання (рис. 2.13) і вздовж отриманого напрямку в масштабі плану відкладають горизонтальне прокладення *d* за допомогою лінійки. Таким чином отримують положення шуканої точки. Підписують її номер і відмітку.

При нанесенні ситуації, знятої способом перпендикулярів, від лінії знімальної основи відкладають відстані *X* та *Y* до кожної точки у масштабі плану. Перпендикуляри будують прямокутними трикутниками.

За способом кутових засічок на плані транспортиром будують виміряні кути від лінії знімальної основи і на перетині отриманих напрямків знаходять положення шуканої точки.

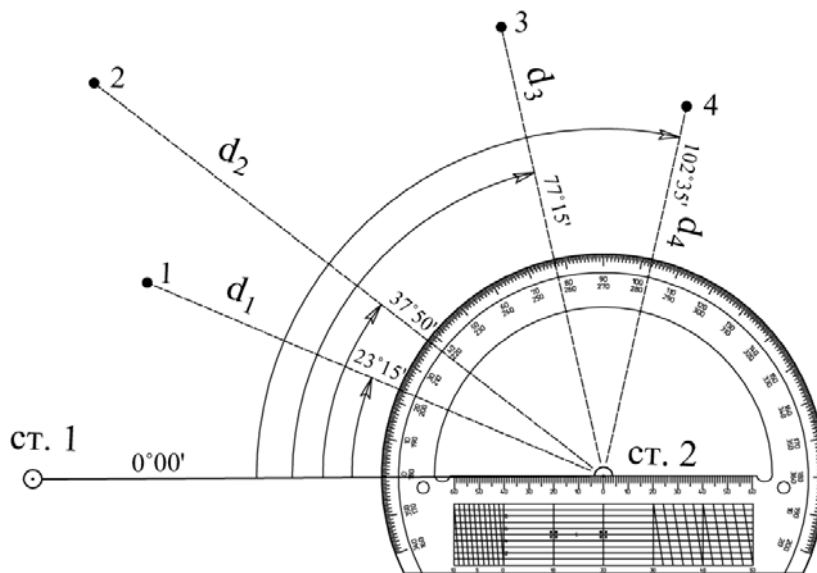


Рисунок 2.13 – Нанесення точок тахеометричної зйомки

За способом лінійних засічок циркулем роблять засічку довжинами вимірних ліній у масштабі плану і на перетині отримують шукану точку.

За способом створів у масштабі плану відкладають за створом лінії виміряні відрізки.

2.5.4 Побудова горизонталей.

Визначають (інтерполюють) значення позначок горизонталей відповідно до позначок точок тахеометричного знімання і висоти перерізу рельєфу. Інтерполяцію виконують за допомогою палетки (прозорої плівки, на якій нанесені горизонтальні паралельні лінії). Лінії палетки підписують згідно з відмітками горизонталей.

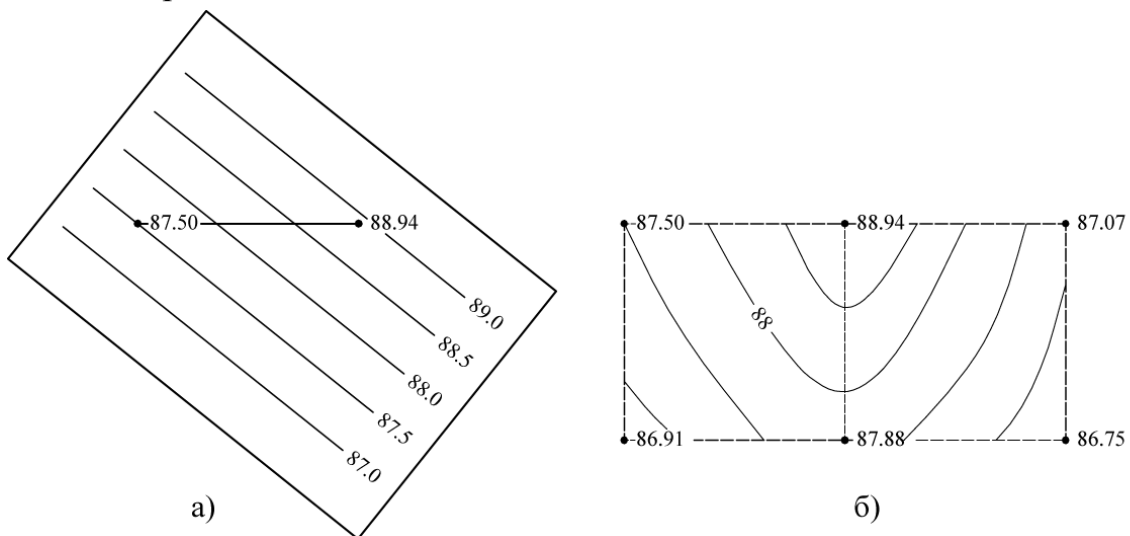


Рисунок 2.14 – Побудова горизонталей:

а – інтерполяція за допомогою палетки; б – проведення горизонталей на плані

Накладають палетку на точки плану і розвертають так, щоб вони знаходились на відповідних відмітках (рис. 2.14 а). На перетині лінії, якою з'єднані точки з підписаними лініями палетки, отримують відмітки горизонталей. Таким чином визначають положення горизонталей між усіма суміжними точками. Точки з однаковими відмітками з'єднують плавними кривими лініями – горизонталями (рис. 2.14 б).

Під час нанесення точок на план згідно з абрисами, накреслюють предмети й контури місцевості та заповнюють їх умовними позначеннями. Відповідно роблять позарамкове оформлення.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Войтенко С. П. Інженерна геодезія: підручник / С. П. Войтенко. – К: Знання, 2009.
2. Перфилов В. Ф. Геодезия: Учеб. для вузов / В. Ф. Перфилов, Р. Н. Скогорева, Н. В. Усова – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2006.
3. Кулешов Д. А., Инженерная геодезия для строителей: Учебник для вузов / Д. А. Кулешов, Г. Е. Стрельников. – М.: Недра, 1990.
4. Лукьянов В. Ф. Лабораторный практикум по инженерной геодезии: Учеб. пособие для вузов / В. Ф. Лукьянов, В. Е. Новак, Н. Н. Борисов и др. – М.: Недра, 1990.
5. Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 / – К.: Міністерство екології та природних ресурсів України, 2001.
6. Новицький В. В. Російсько-український тлумачний словник основних термінів та понять з геодезії / Укл. В. В. Новицький – Харків : ХПМГ, 1993.
7. ДСТУ 2756-94. Геодезія. Терміни та визначення. / К.: Держстандарт України, 1994.
8. ДСТУ 2757-94. Картографія. Терміни та визначення. / К.: Держстандарт України, 1994.

Навчальне видання

ШАУЛЬСЬКИЙ Дмитро Васильович

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни

«ТОПОГРАФІЯ»

*(для студентів 2 курсу заочної форми навчання, напряму підготовки 6.080101 –
Геодезія, картографія та землеустрій)*

Відповідальний за випуск *О. Є. Поморцева*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *Д. В. Шаульський*

План 2014, поз. 27Л

Підп. до друку 07.09.2015 р.
Друк на ризографі
Зам. №

Формат 60 x 84/16
Ум. друк. арк. 4,0
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rektorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК №4705 від 28.03.2014 р.